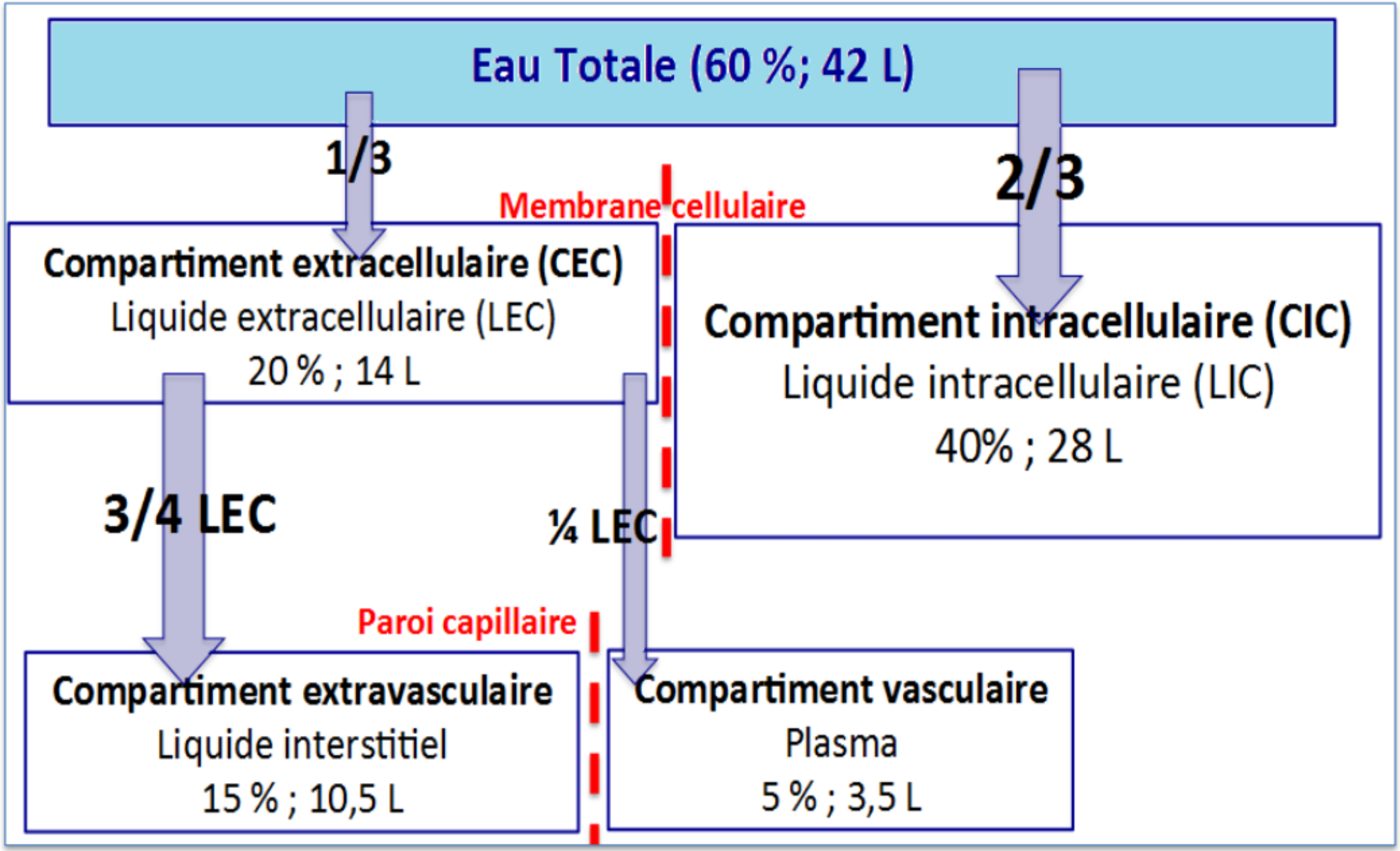
PHYSIOLOGIE DES GRANDES FONCTIONS

CHAPITRE IV : Physiologie Rénale

Introduction

- Le fonctionnement normal et la survie des cellules requièrent deux conditions:
  - Le métabolisme: production de l'ATP à partir des nutriments. Ces réactions s'accompagnent de la production des déchets métaboliques (doivent être éliminés).
  - La stabilité du volume et de la composition en électrolytes du milieu intérieur.
- Plusieurs mécanismes régulateurs pour conserver la stabilité du milieu intérieur et l'élimination des déchets: peau, poumons, tube digestif et reins.
  - Les reins sont les principaux responsables du maintien de la stabilité du milieu intérieur.

Compartiments liquidiens de l'organisme:



Fonctions des reins

Rôle principal: maintien de l'homéostasie (= équilibre) du milieu intérieur

- Epuration sélective des déchets de l'organisme
- Maintien de l'équilibre hydro-électrolytique (eau et électrolytes)
- Maintien du pH sanguin.

Régulation de la pression artérielle :

- Par le biais de la régulation de la volémie, de la réabsorption de sel.
- Système rénine-angiotensine-aldostérone (SRAA).

Sécrétion hormonale :

- Erythropoïétine: maturation des globules rouges.
- Rénine: rôle dans la pression artérielle (SRAA).
- Enzyme 1-alpha-hydroxylase qui active la vitamine D.

Composition relativement stable à l'intérieur des limites physiologiques très étroites.

- $[Na^+]$:

- **Hyponatrémie** (<100mEq/L): l'eau pénètre à l'intérieur des cellules (œdème cellulaire).

- **Hypernatrémie** (>170mEq/L): eau sort des cellules.

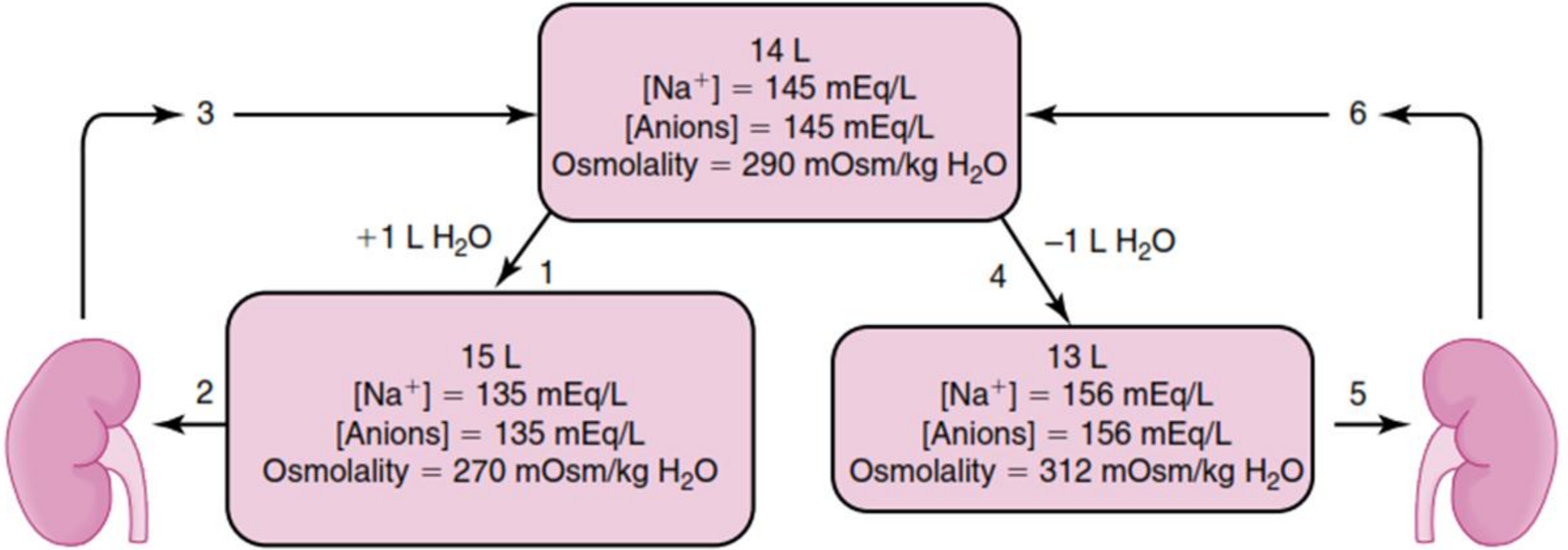
- $[K^+]$:

Si la $[K^+]_{plasmatique}$ est < à 2 ou > à 8 mEq/L, le rapport $[K^+]_{int}/ [K^+]_{ext}$ change (normal = 33):

- **hypopolarisation:** (rapport augmente),

- **Hyperpolarisation:** (rapport diminue).

→ Changement de l'excitabilité des cellules nerveuses et musculaires.



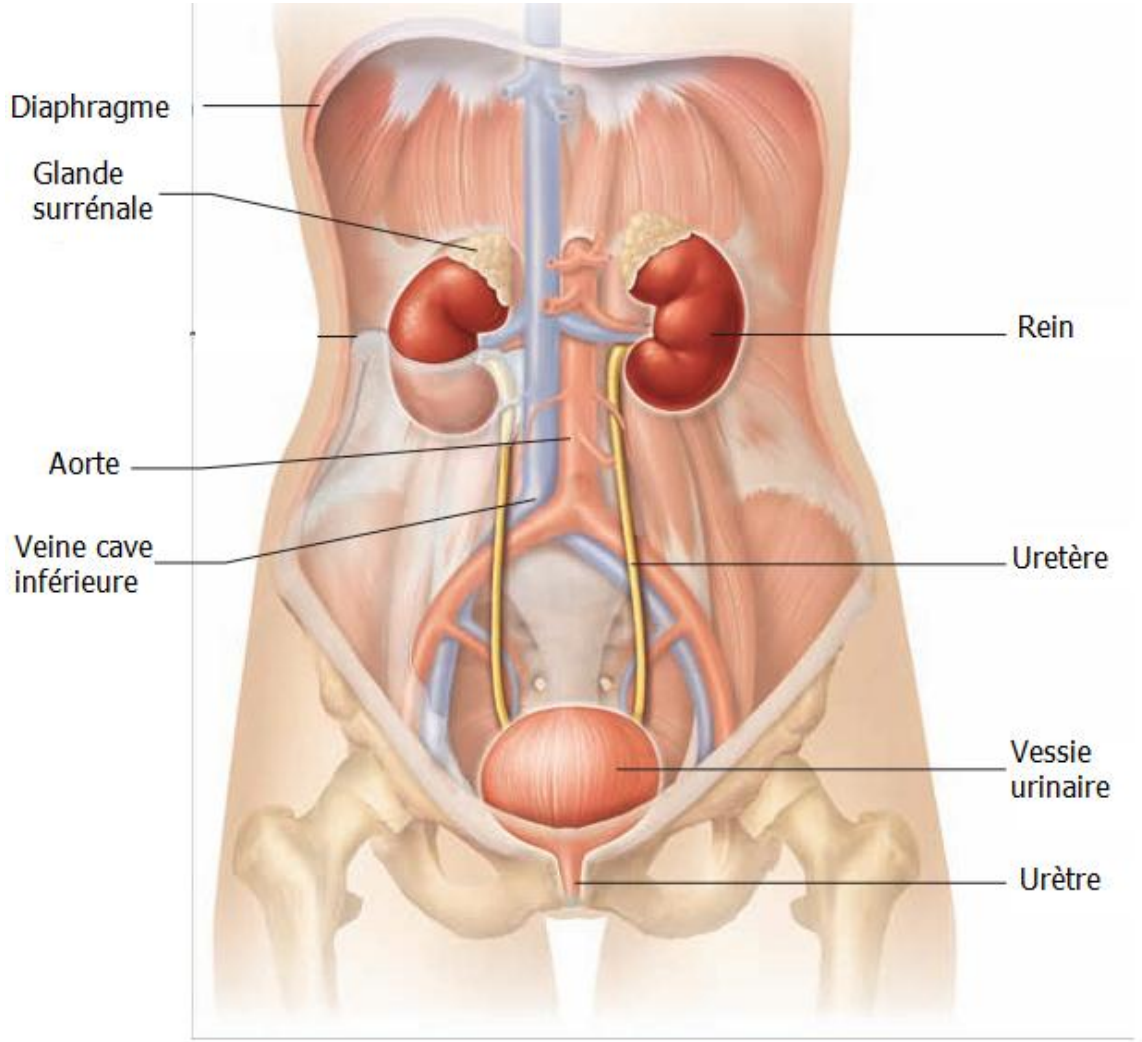
Les reins excrètent 1L d'eau dans une urine diluée, le volume du LEC revient à 14L ce qui rétablit l'osmolalité plasmatique et la concentration du Na+.

Les reins excrètent une urine hyperosmotique, le volume du liquide extracellulaire revient à 14 litre, ce qui rétablit l'osmolalité et la concentration du Sodium

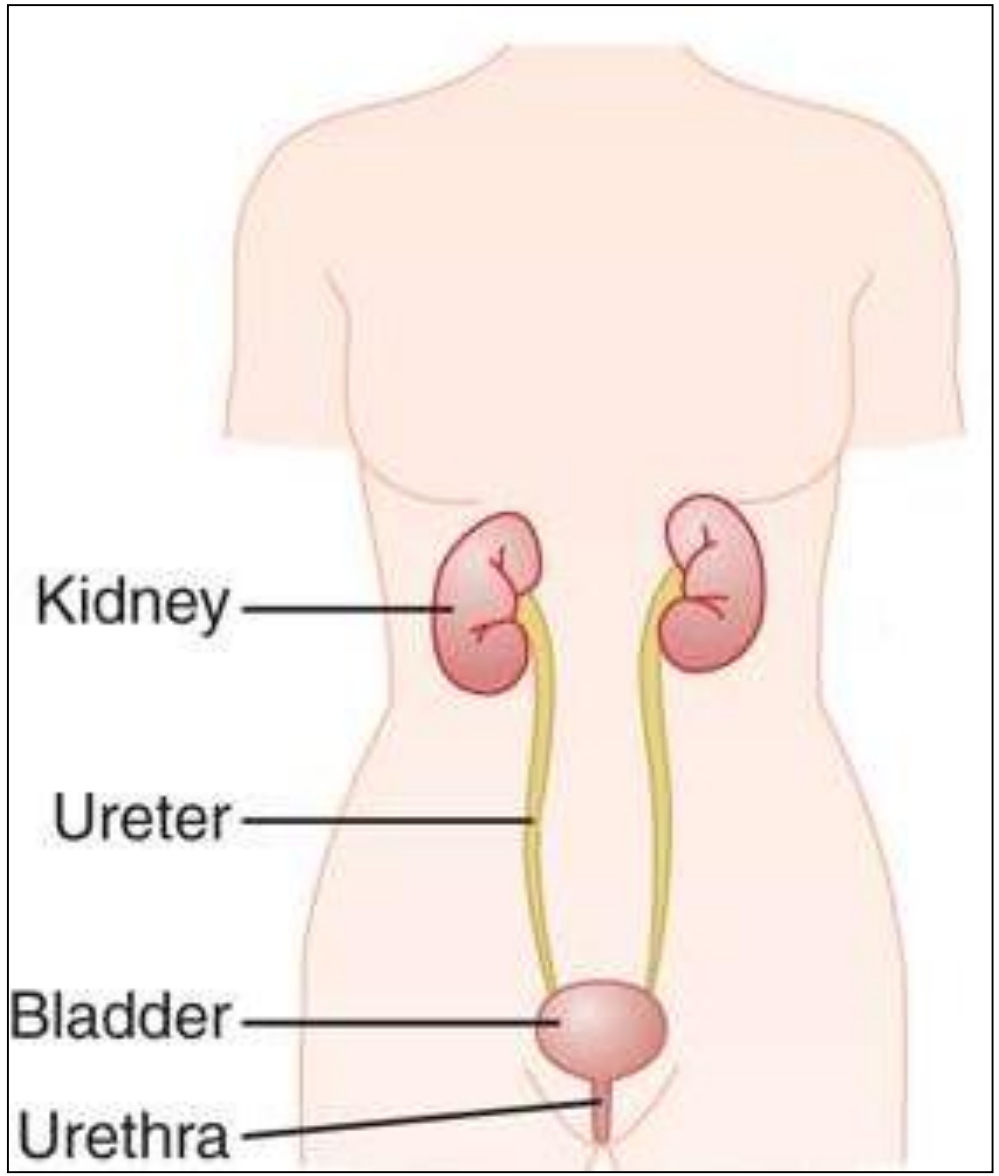
Rôle des reins dans l'équilibre hydrique de l'organisme.

Reins et appareil urinaire

- **L'appareil urinaire: organes qui produisent l'urine (reins) et organes qui stockent/acheminent l'urine.**
- **Les reins, en produisant l'urine, permettent à l'organisme d'éliminer les déchets métaboliques.**
- **Des mécanismes régulateurs permettent d'ajuster la composition de l'urine en eau et en solutés à fin de garantir l'homéostasie de l'organisme.**



Anatomie du rein
-Généralités-

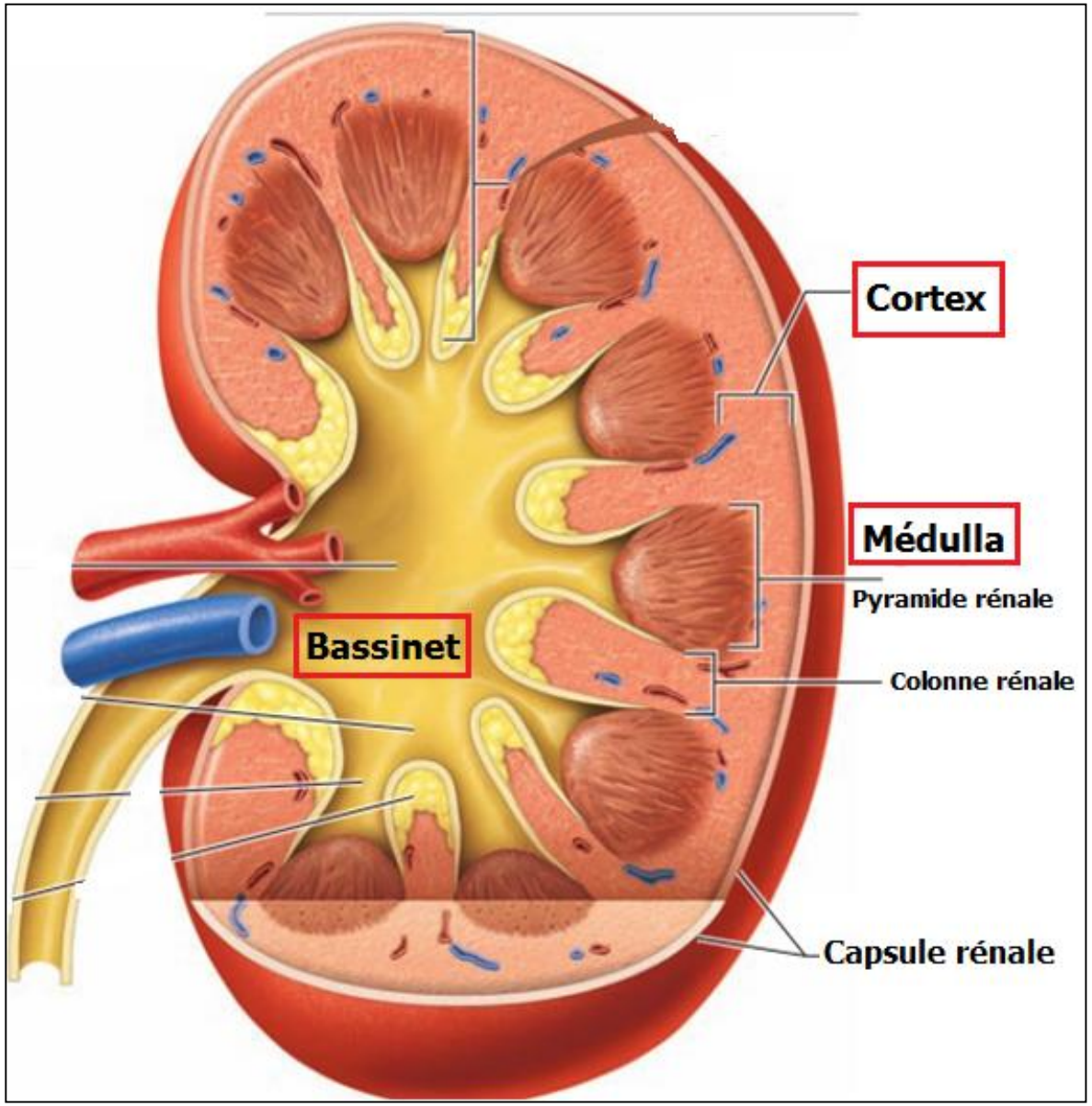


Organes paires, en position rétro-péritonéale et para-vertébrale.

- **Poids: 115-170g (moyenne:150).**
- **Longueur: 11-12 cm.**
- **Largeur: 6 cm.**
- **Épaisseur: 3 cm.**

(valeurs de référence chez une personne adulte, 70kg)

Anatomie macroscopique



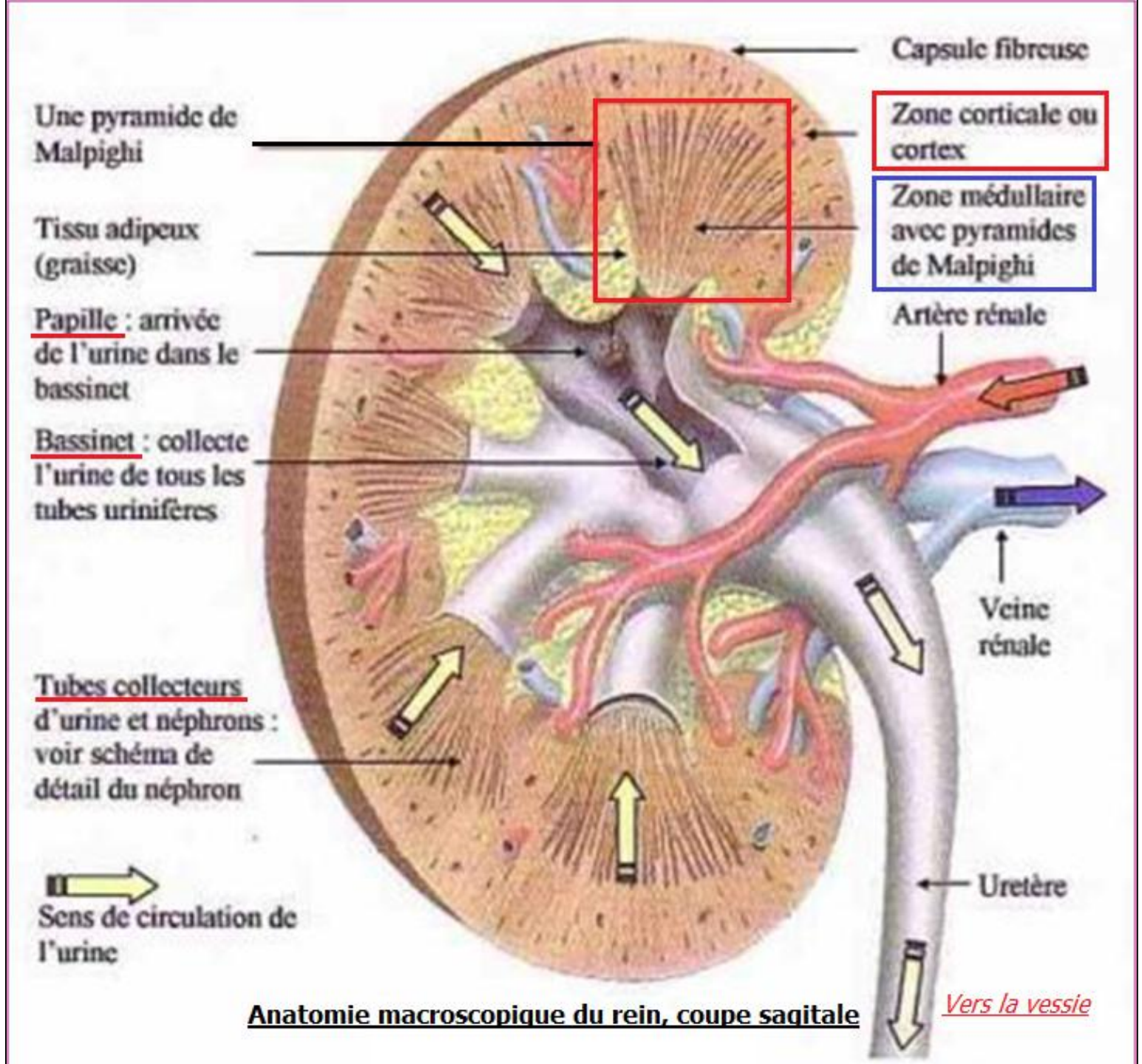
Trois grandes parties:

Cortex: la zone corticale.

Médulla: la zone médullaire.

- **Médullaire interne,**
- **Médullaire externe.**

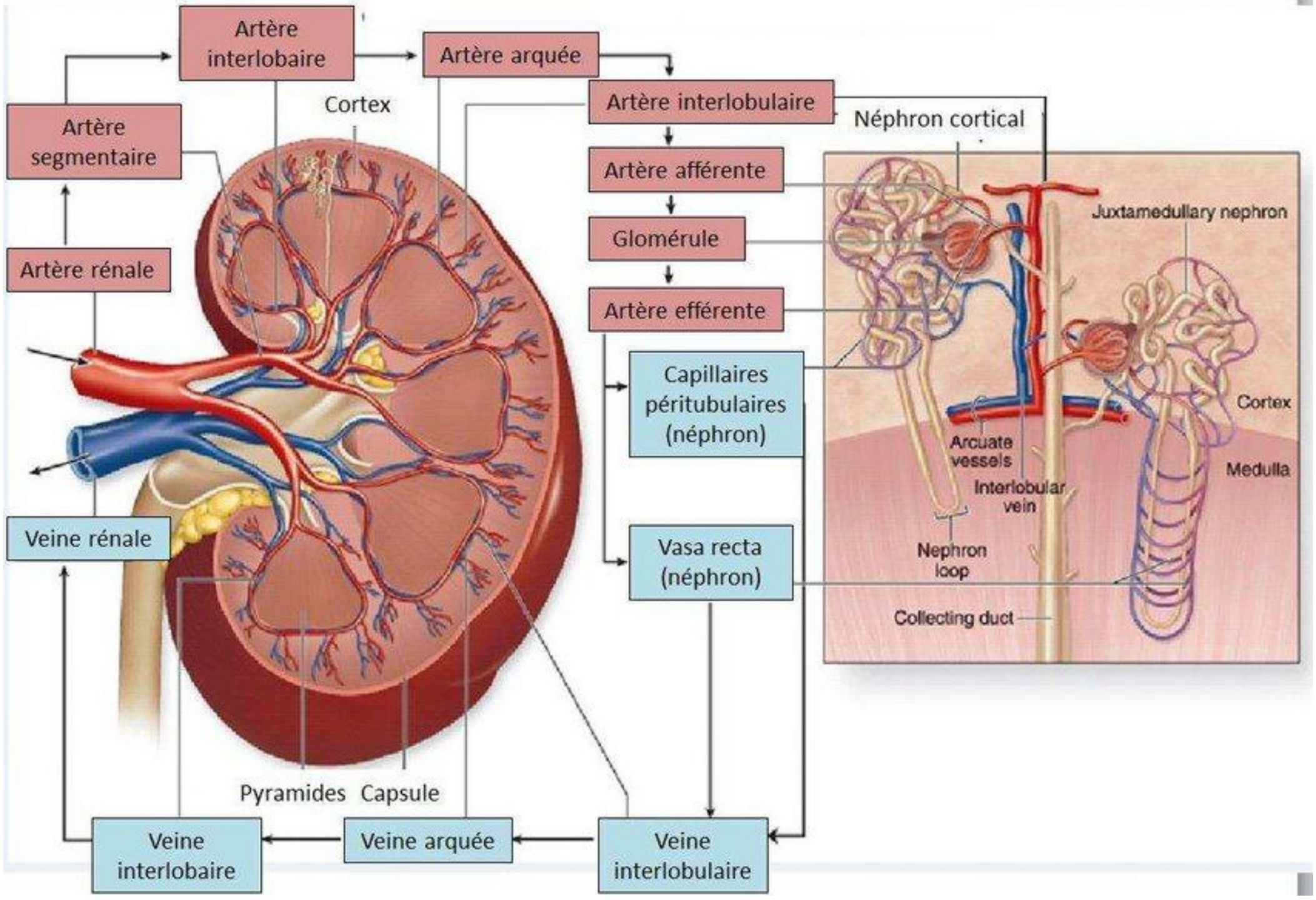
Bassinet: Collecte l'urine de tous les tubes collecteurs.



Anatomie macroscopique du rein, coupe sagitale

Vascularisation du rein

- Le rein (0.5% du poids corporel) est l'organe le plus perfusé de l'organisme (22% du débit cardiaque).
- Pour un débit cardiaque de 5L/min, 1.2L de sang passent chaque minute dans les 2 reins.
- Débit lié à la fonction de filtration et d'épuration rénale et non pas aux besoins métaboliques des reins.
- La longueur des capillaires glomérulaires est de l'ordre de 50 Km.

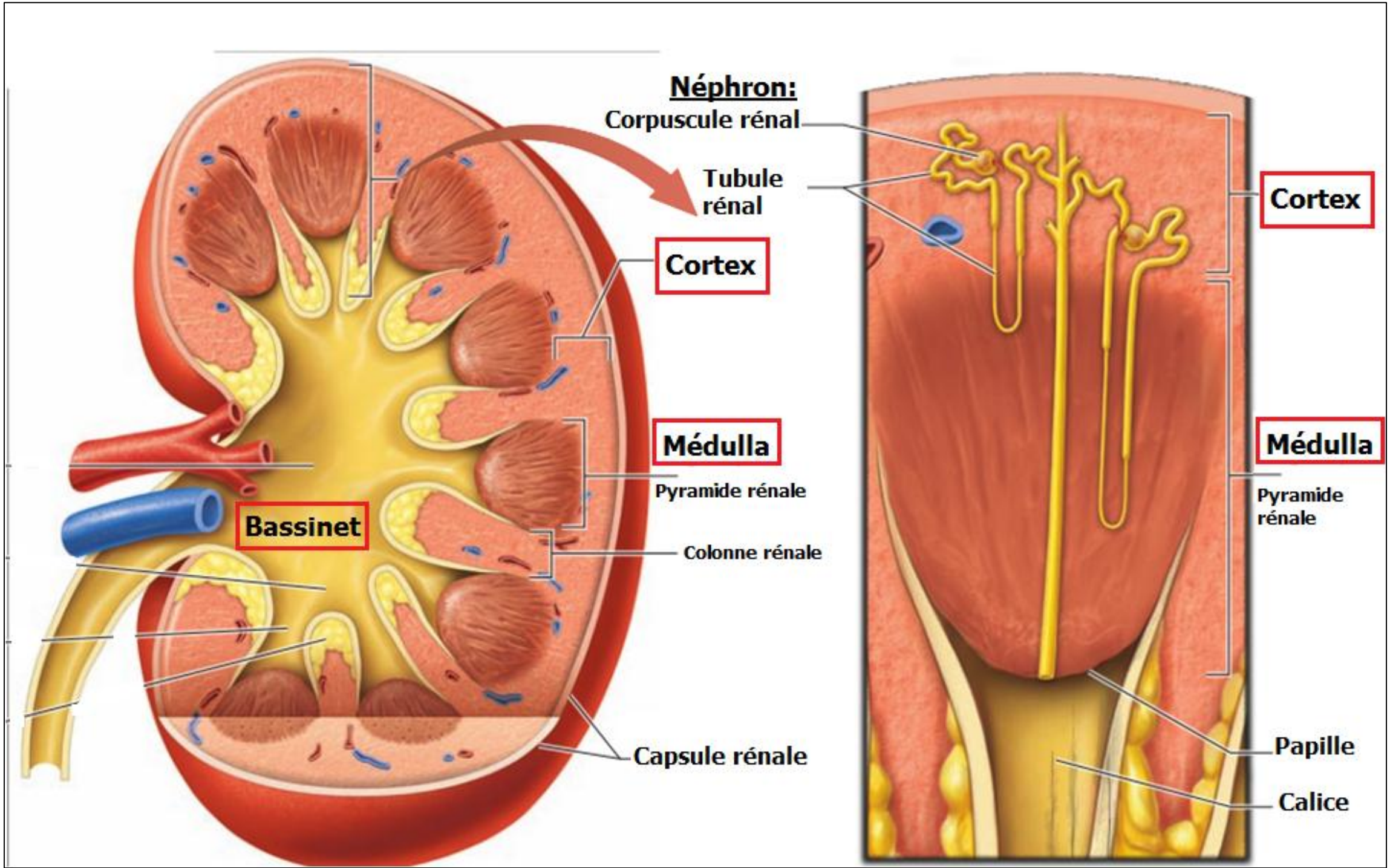

Artère interlobaire
Artère arquée
Artère interlobulaire
Artère segmentaire
Cortex
Néphron cortical
Artère afférente
Artère rénale
Glomérule
Artère efférente
Capillaires péritubulaires (néphron)
Juxtamedullary nephron
Cortex
Medulla
Arcuate vessels
Interlobular vein
Veine rénale
Vasa recta (néphron)
Nephron loop
Collecting duct
Pyramides
Capsule
Veine interlobaire
Veine arquée
Veine interlobulaire

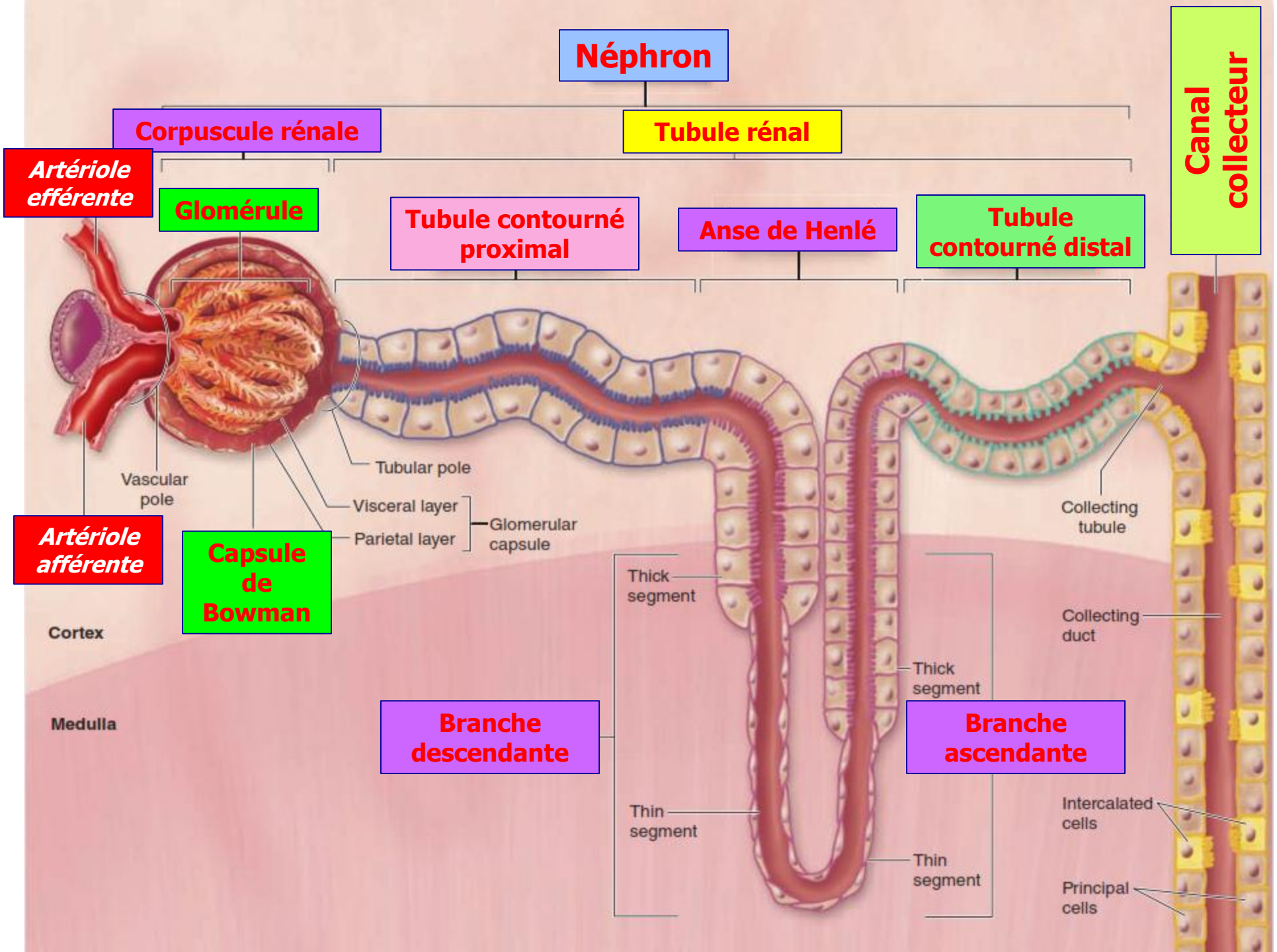
Innervation du rein

- le système nerveux permet le contrôle du flux sanguin rénal, du taux de filtration, de la réabsorption rénale….
- Le contrôle nerveux de la fonction rénale est assuré par le système nerveux sympathique.
- Pas de terminaisons nerveuses parasympathiques au niveau du tissu rénal.

Anatomie fonctionnelle du rein:

- **Unité fonctionnelle = néphron.**
- **Chaque rein contient plus d'un million de néphrons.**
- **Chaque néphron contient un corpuscule et un tubule.**
- **Corpuscule = Glomérule + Capsule de Bowman: le glomérule filtre le plasma et la capsule de Bowman recueille le filtrat.**
- **Tubule: différents segments spécialisés qui permettent la modification de l'ultrafiltrat aboutissant à l'urine définitive.**
- **Chaque néphron comporte:**
  - **Partie vasculaire,**
  - **Partie tubulaire,**
  - **Partie mixte (appareil juxta-glomérulaire).**


Néphron:
Corpuscule rénal
Tubule rénal
Cortex
Médulla
Pyramide rénale
Bassinet
Colonne rénale
Capsule rénale
Cortex
Médulla
Pyramide rénale
Papille
Calice


Néphron
Corpuscule rénale
Tubule rénal
Canal collecteur
Artériole efférente
Glomérule
Tubule contourné proximal
Anse de Henlé
Tubule contourné distal
Vascular pole
Tubular pole
Visceral layer
Parietal layer
Glomerular capsule
Collecting tubule
Artériole afférente
Capsule de Bowman
Cortex
Thick segment
Collecting duct
Thick segment
Medulla
Branche descendante
Branche ascendante
Thin segment
Intercalated cells
Thin segment
Principal cells

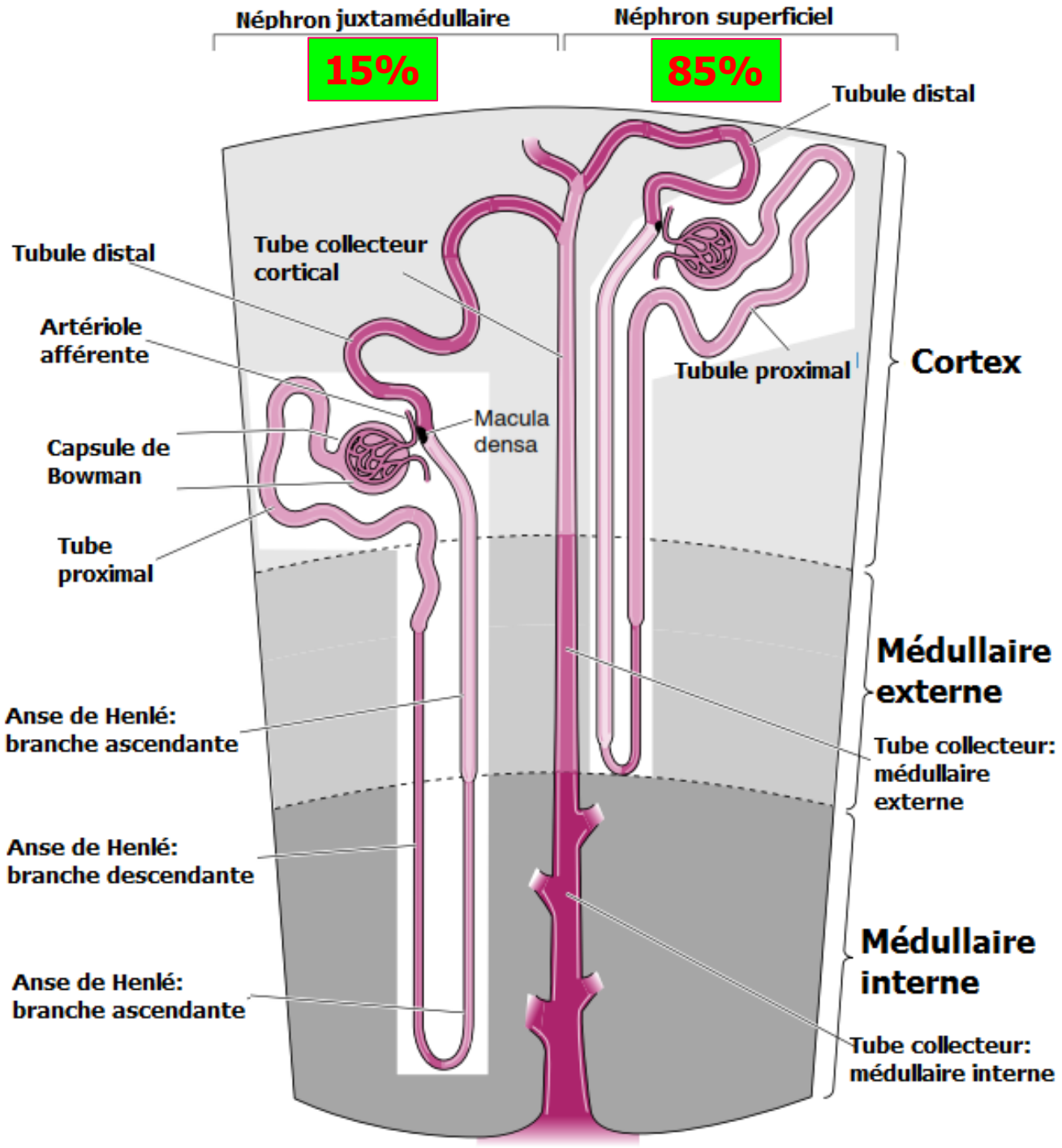
Néphrons:

Corticaux (85%):

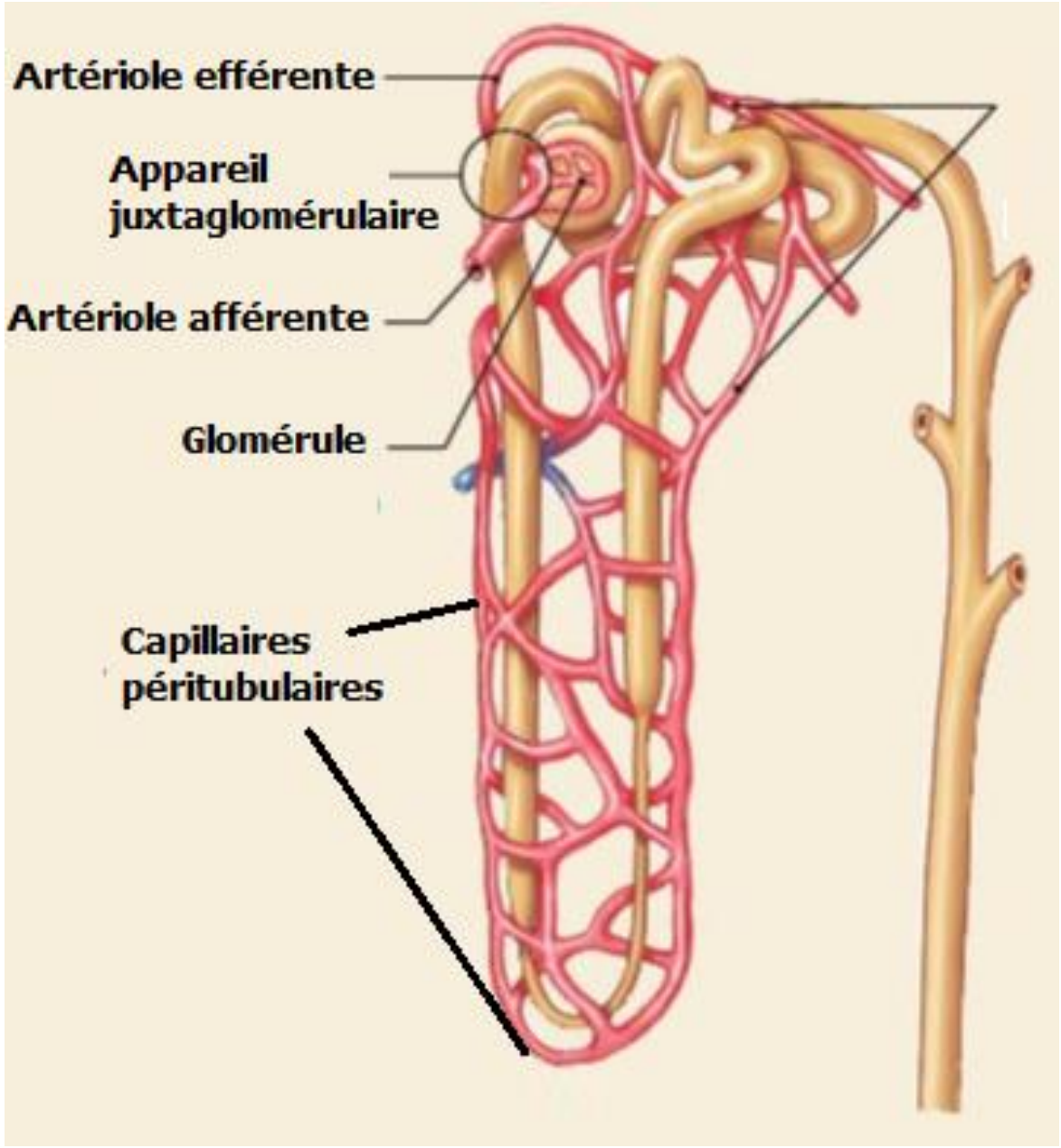
- dans le cortex externe et moyen; petits glomérules; anses de Henlé courtes

Juxtamédullaires (15%):

dans le cortex interne; gros glomérules; anses de Henlé longues, descendant jusqu'à la région médullaire interne

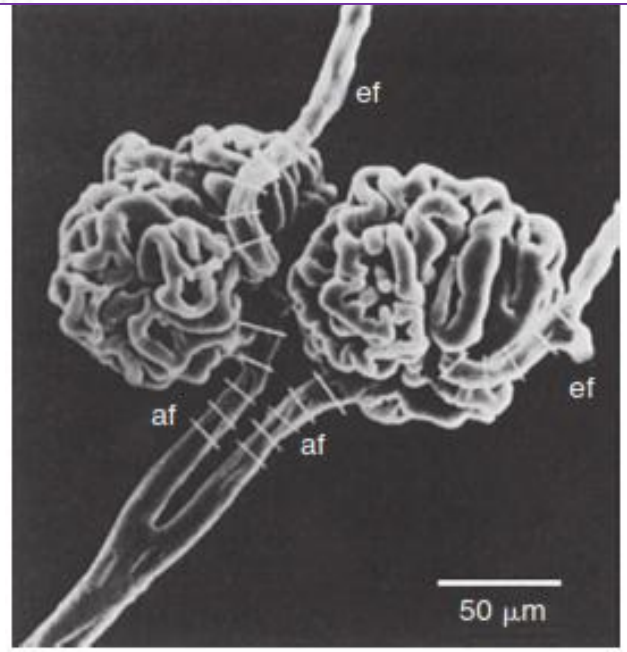


Néphron: Partie vasculaire

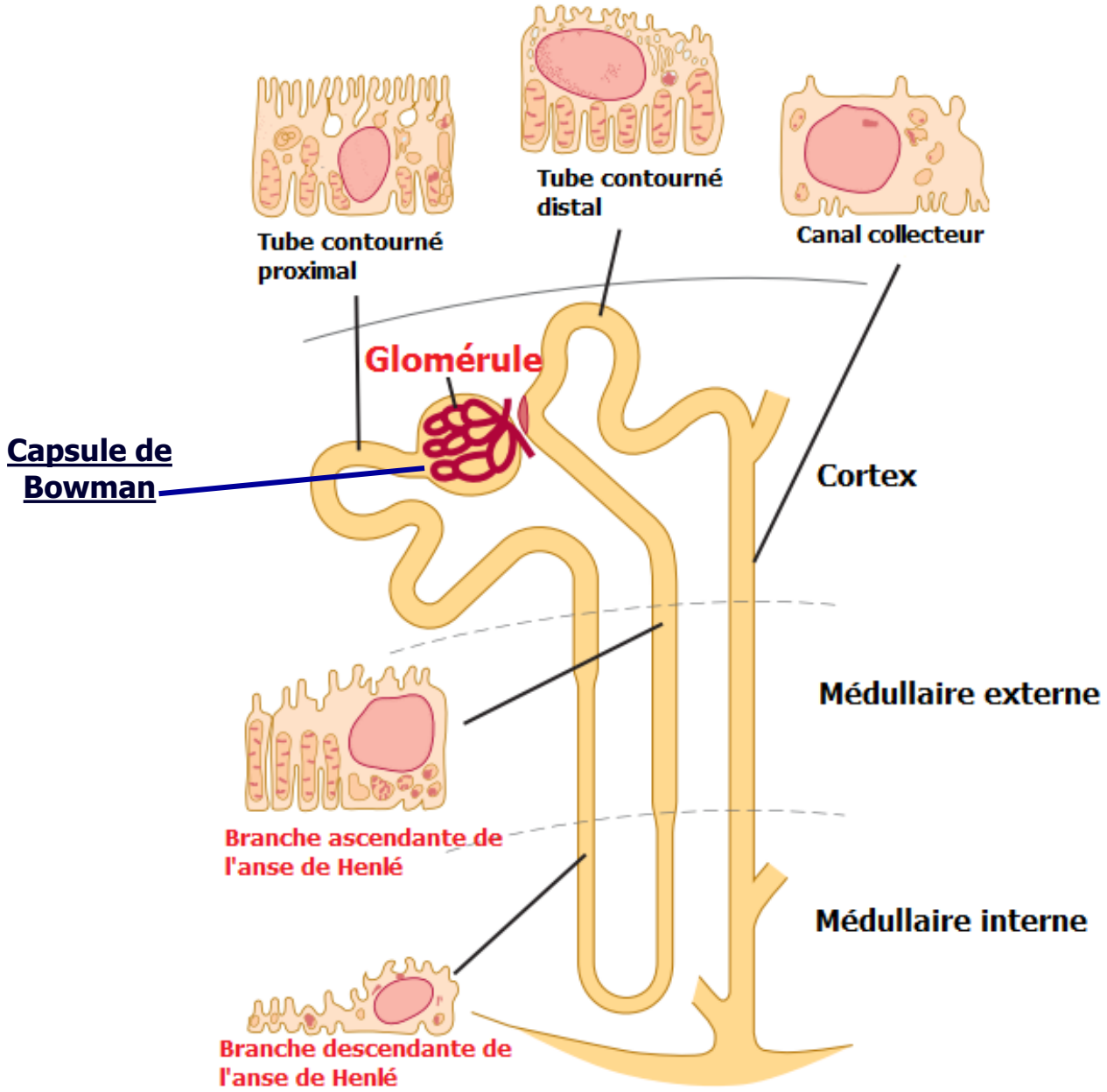


Subdivision vasculaire

- Artériole afférente par laquelle le sang arrive au glomérule
- Glomérule, peloton de capillaires où a lieu la filtration de plasma sans les protéines qu'il contient vers le tubule
- Artériole efférente par laquelle le sang quitte le glomérule.
- Capillaires péritubulaires nourriciers pour le tissu rénal et siège d'échanges entre le sang et l'urine tubulaire



Néphron: Partie tubulaire

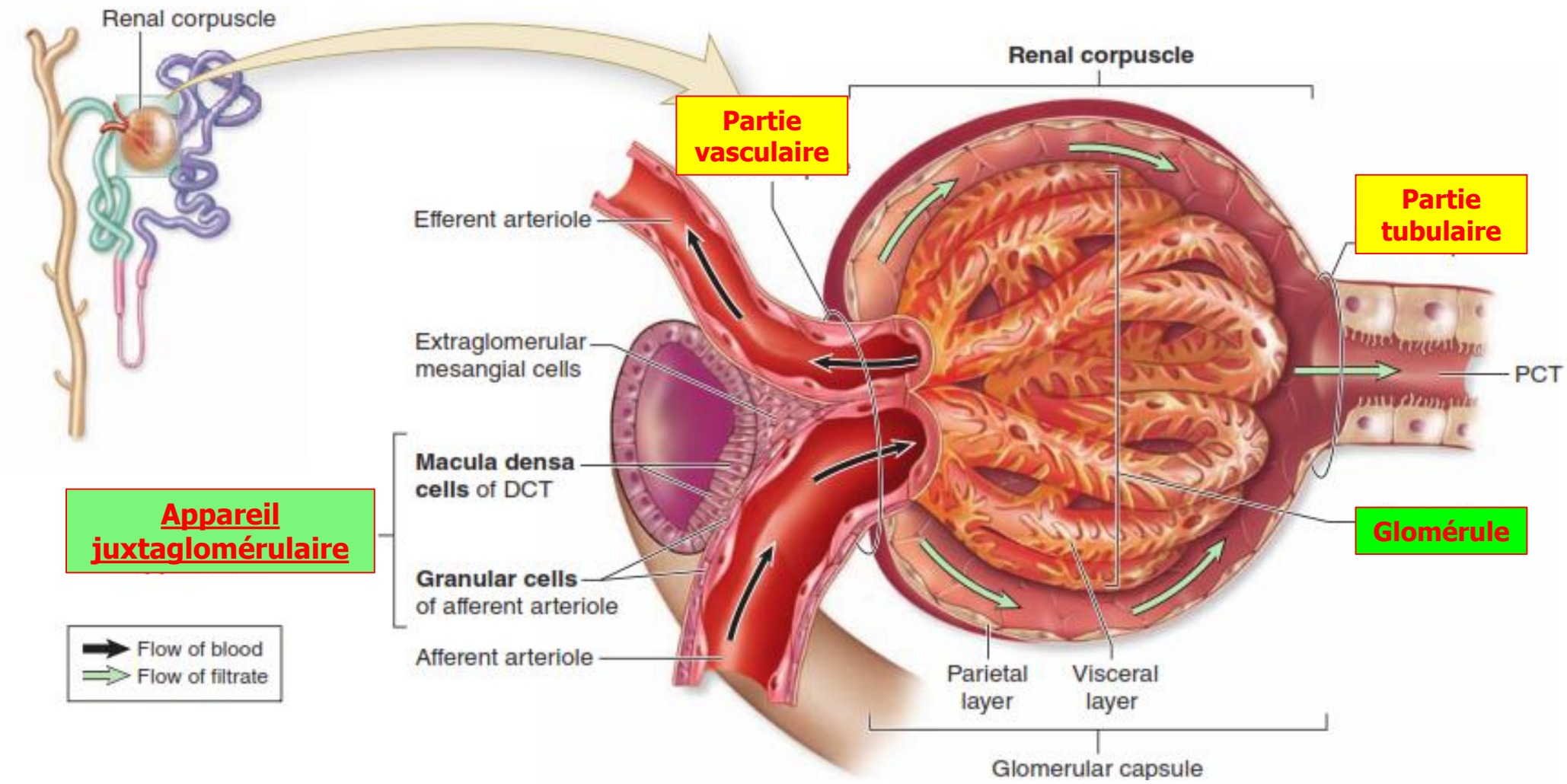


Subdivision tubulaire

- Capsule de Bowman où est recueilli le filtrat glomérulaire
- Tubule proximal siège de réabsorption obligatoire et de sécrétion de certaines substances
- Anse de Henlé où est établi le gradient osmotique médullaire dont le rôle est essentiel à la production d'urine de densité variable
- Tubule distal et tube collecteur—sièges de la réabsorption variable contrôlée d'eau et de Na^+ et de la sécrétion de K^+ et H^+. Le liquide qui en sort est l'urine définitive

Appareil juxta-glomérulaire

Structure endocrine qui régule le fonctionnement de chaque néphron.



Formation de l'urine:

1. Filtration glomérulaire: passage par filtration des constituants du plasma à l'exception des protéines du glomérule vers la capsule de Bowman.
2. Réabsorption tubulaire: transport sélectif de substances filtrées de la lumière du tubule vers les capillaires péritubulaires.
3. Sécrétion tubulaire: transport sélectif de substances non filtrées des capillaires péritubulaires vers la lumière du tubule.

Filtration glomérulaire

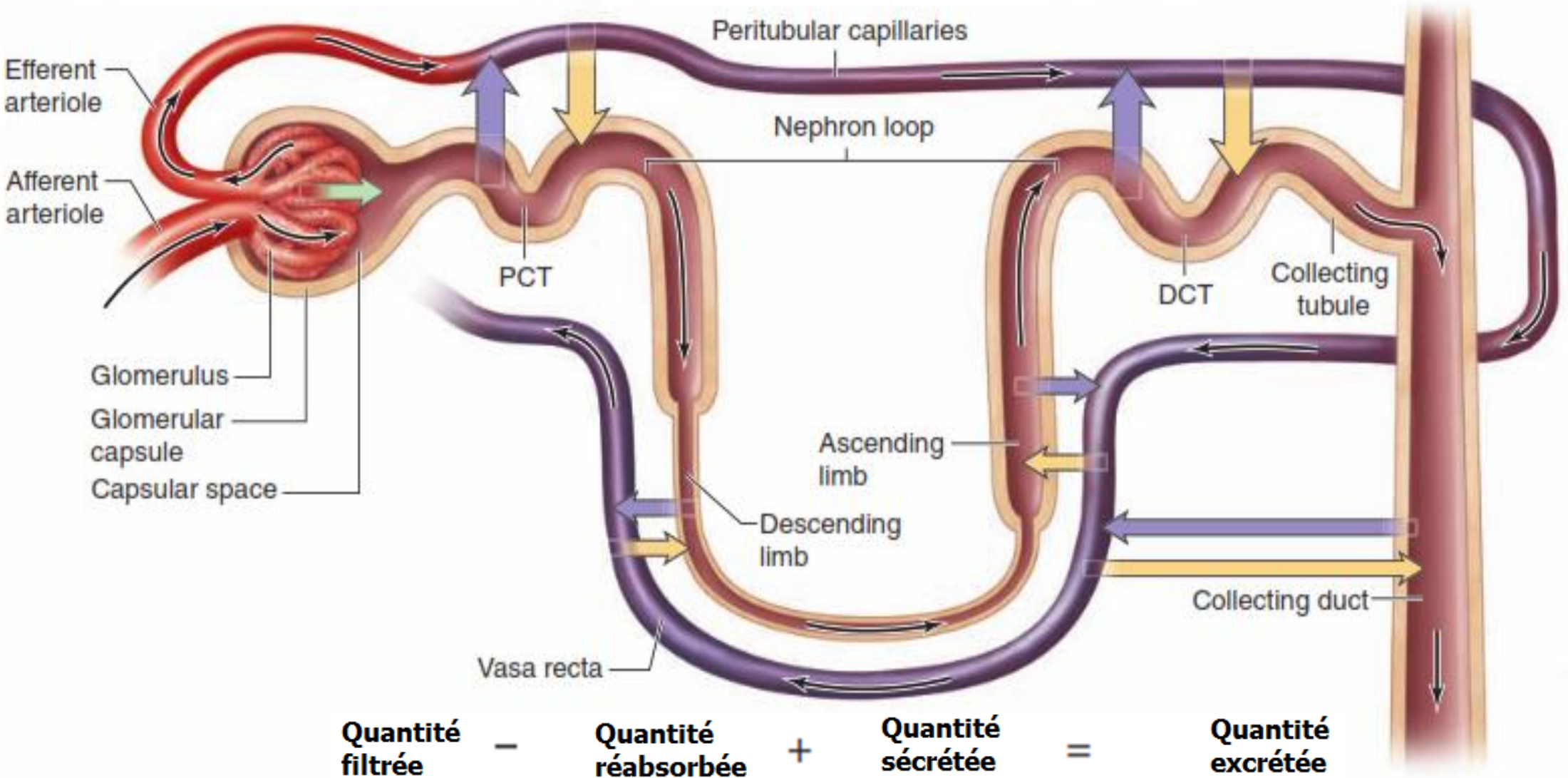
Depuis le sang vers la capsule de Bowman (à travers le glomérule)

Réabsorption tubulaire

Depuis le liquide tubulaire vers le sang

Sécrétion tubulaire

Sang vers le fluide tubulaire

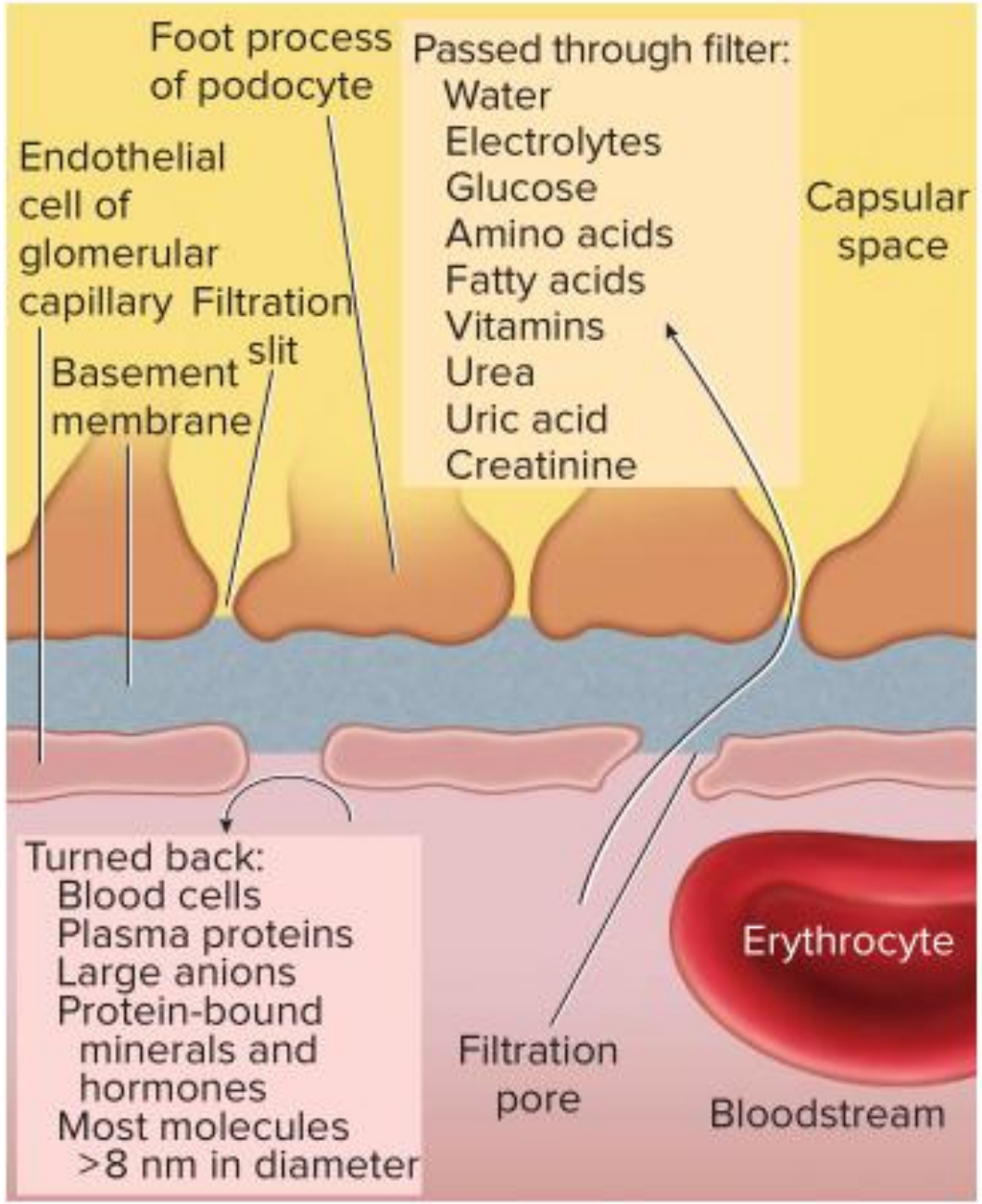


Quantité filtrée − **Quantité réabsorbée** + **Quantité sécrétée** = **Quantité excrétée**

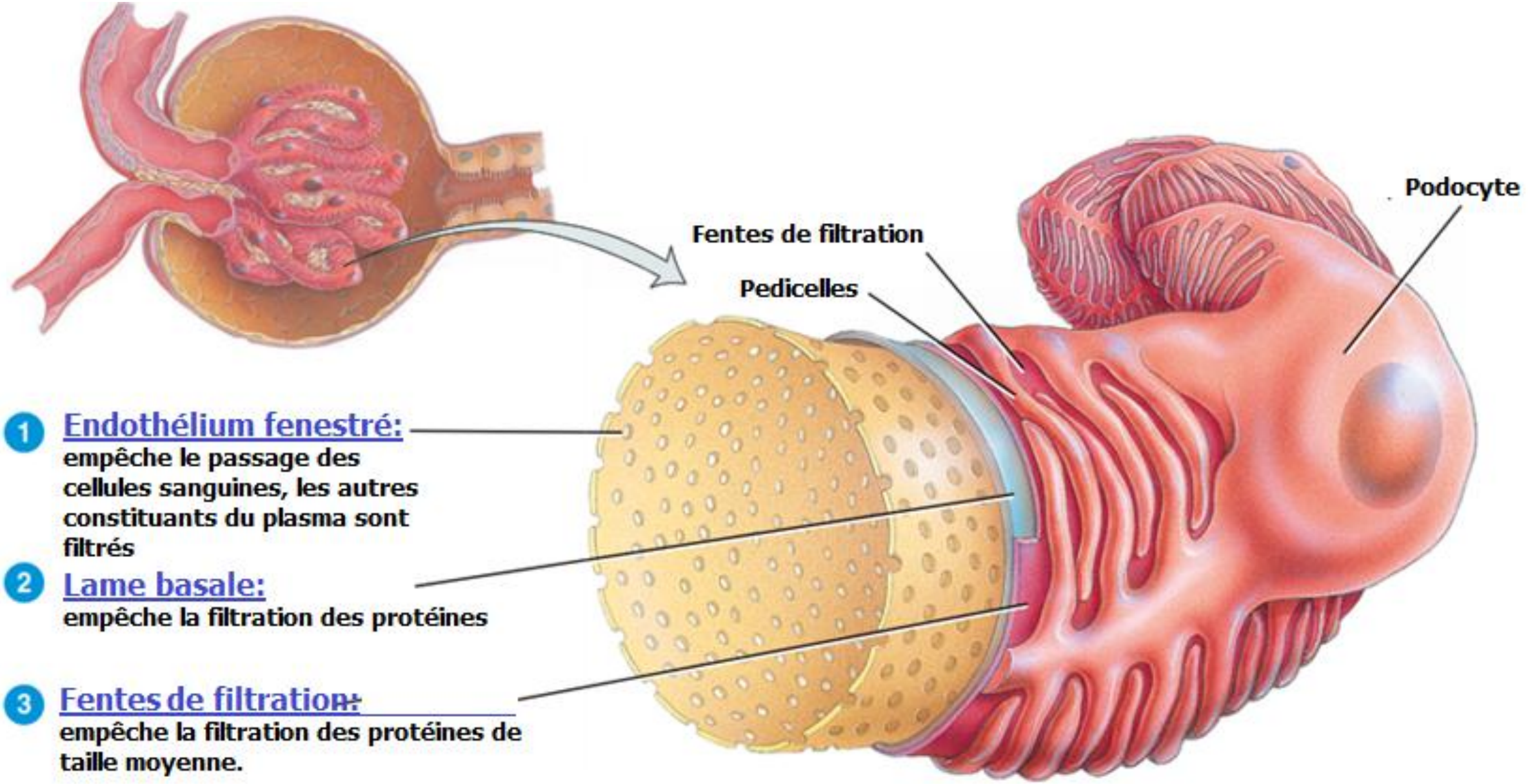
I- FILTRATION GLOMÉRULAIRE

Processus unidirectionnel, passif et non sélectif sous l'effet de la pression glomérulaire. Le glomérule joue le rôle d'un filtre mécanique. La membrane de filtration est composée de 3 constituants:

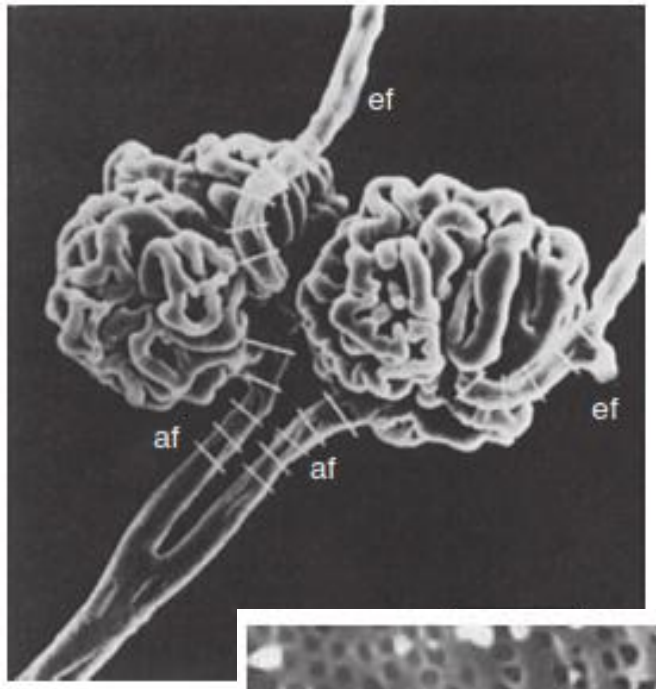
- **Paroi des capillaires glomérulaires**: une seule couche de cellules endothéliales et perforée pores (70 à 90 nm de Ø).
- **Membrane basale**: ne contient pas de cellules mais des substances amorphes de collagène, de fibronectine….
- **Feuillet interne** de la capsule de Bowman qui est fait de podocytes. Ces derniers émettent de nombreux prolongement cytoplasmiques (**pédicelles**) entourant les capillaires glomérulaires.


Foot process of podocyte
Passed through filter:
Water
Electrolytes
Glucose
Amino acids
Fatty acids
Vitamins
Urea
Uric acid
Creatinine
Capsular space
Endothelial cell of glomerular capillary
Filtration slit
Basement membrane
Turned back:
Blood cells
Plasma proteins
Large anions
Protein-bound minerals and hormones
Most molecules >8 nm in diameter
Erythrocyte
Filtration pore
Bloodstream

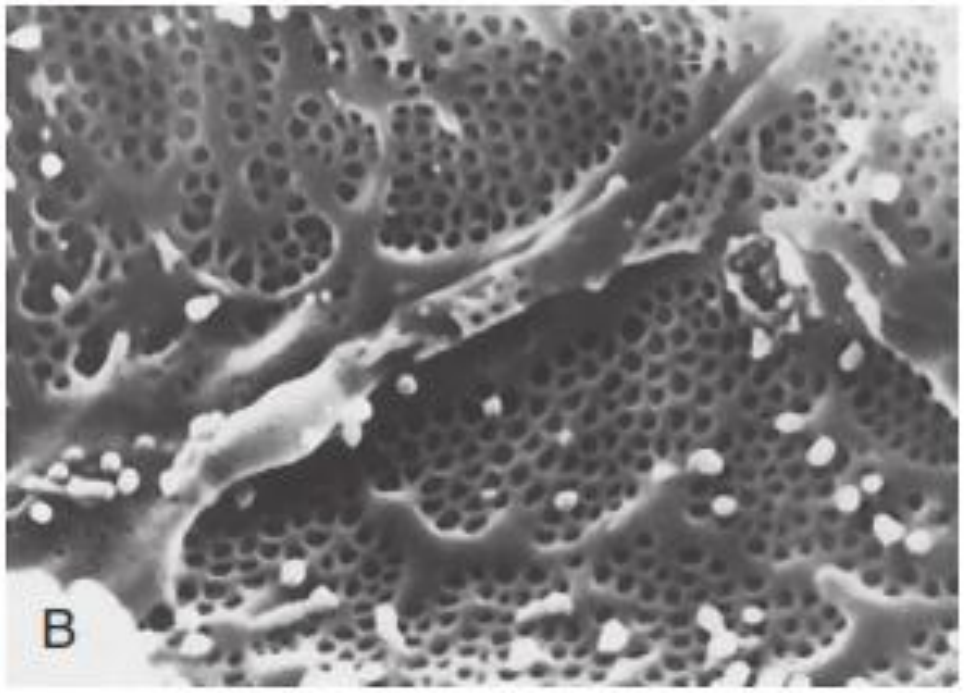
Membrane de filtration: trois filtres en série.



1. **Endothélium fenestré:**
empêche le passage des cellules sanguines, les autres constituants du plasma sont filtrés
2. **Lame basale:**
empêche la filtration des protéines
3. **Fentes de filtration:**
empêche la filtration des protéines de taille moyenne.

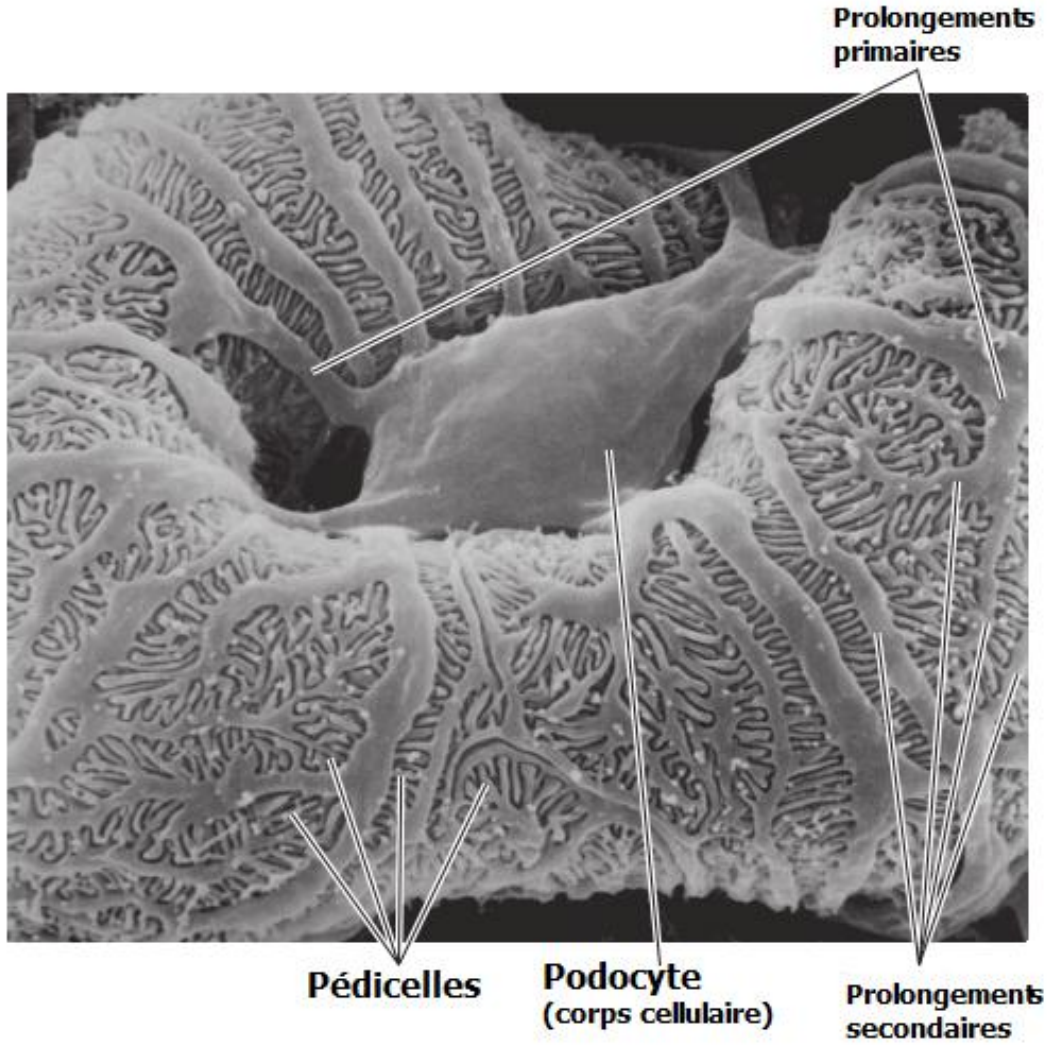


Glomérule



Capillaire glomérulaire (face interne)

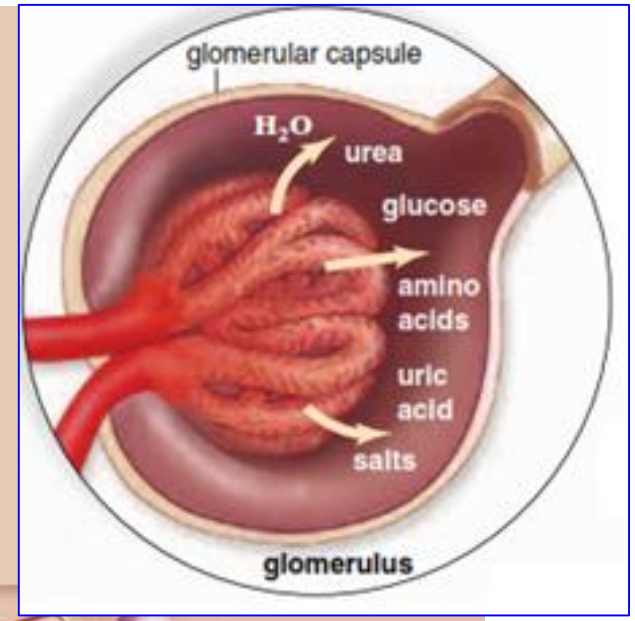
Capillaire glomérulaire (face externe)

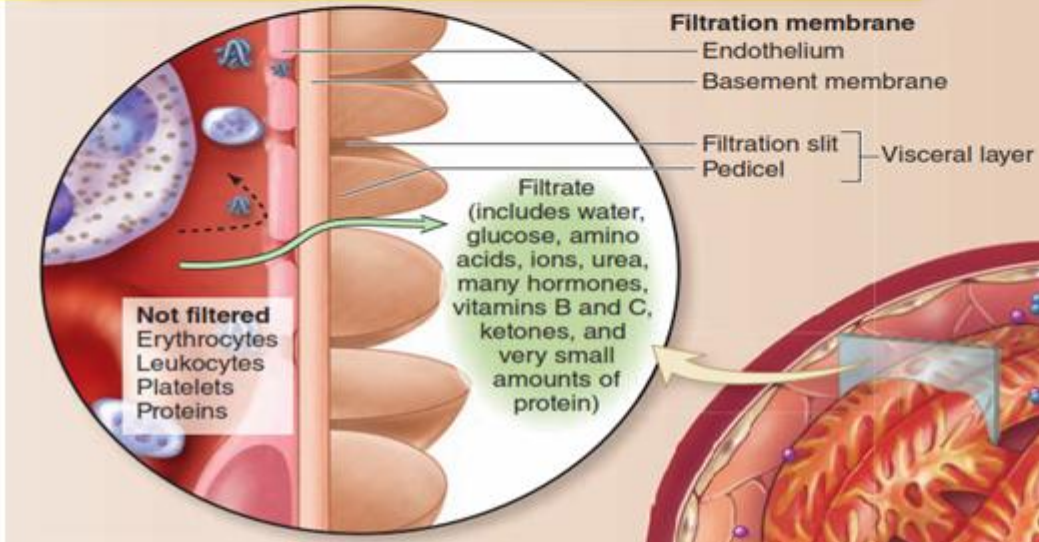


Observations au microscope électronique

Filtration glomérulaire

Membrane de filtration et composition du filtrat initiale

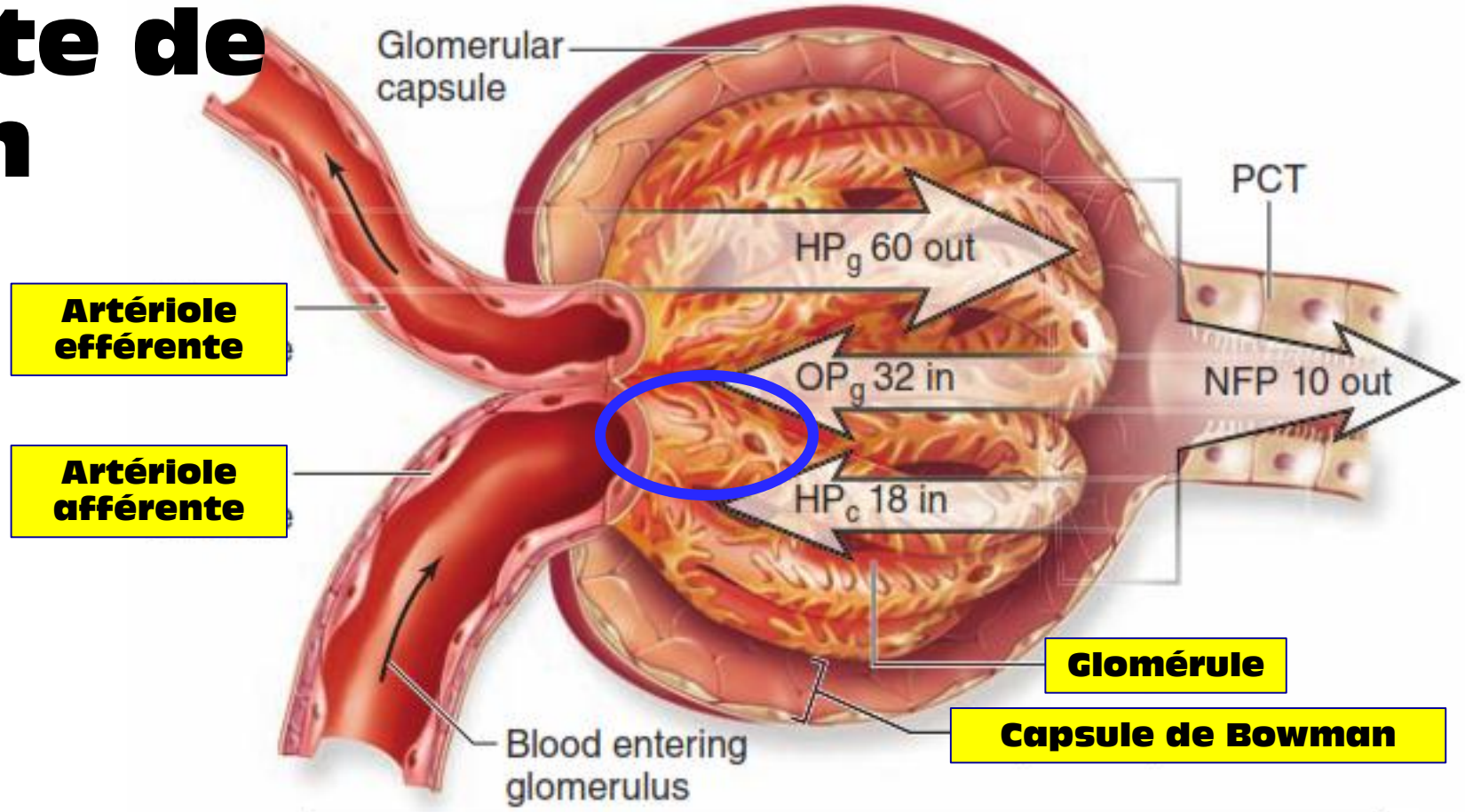




Filtration glomérulaire: Forces mises en jeu

- **Pression hydrostatique glomérulaire: 55 mmHg: favorable à la filtration. elle dépend de la contraction cardiaque et de la résistance dans l'artériole afférente et efférente.**
- **Pression colloïdale osmotique du plasma (Π): elle est due à la présence des protéines dans plasma. 30 mmHg, s'oppose à la filtration.**
- **Pression hydrostatique dans la capsule de Bowman: la C.B est un espace fermé, la présence de fluide crée une pression hydrostatique. elle tend à faire sortir le liquide de la capsule vers le capillaire, 15 mmHg, elle s'oppose à la filtration.**

Pression nette de filtration

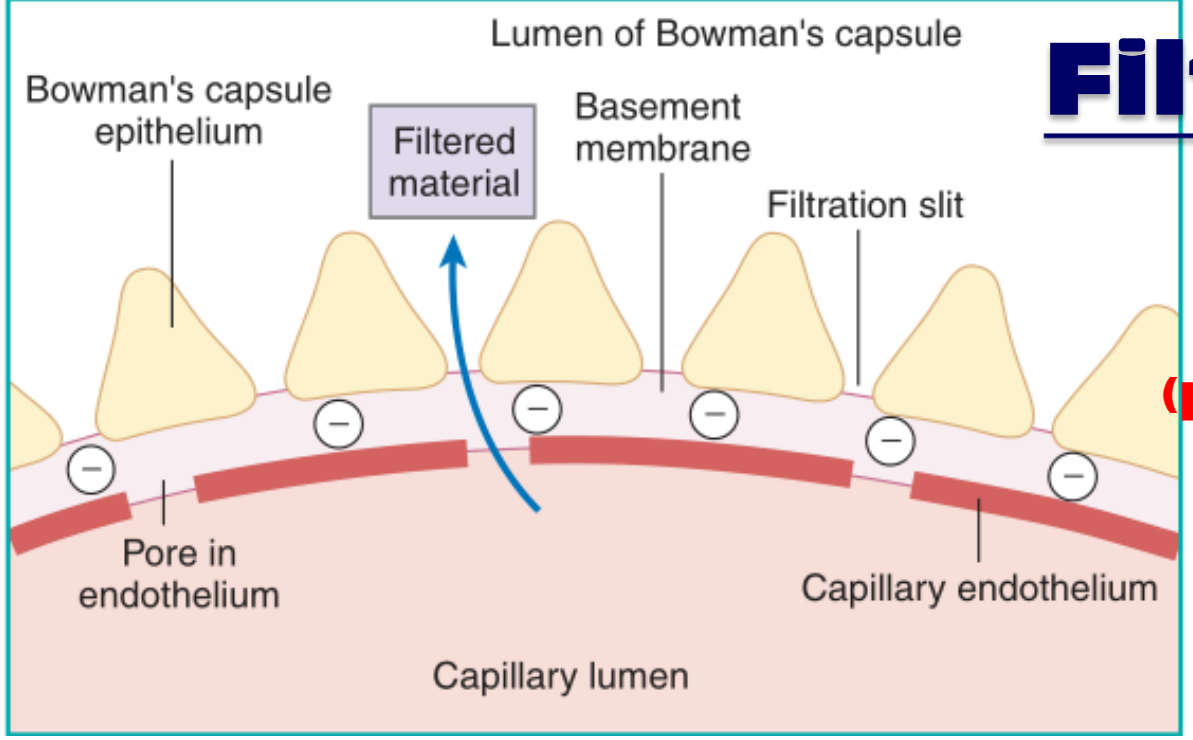


$$PNF = P_{glomérule} - \Pi - P_{capsule}$$

Pression hydrostatique glomérulaire	60 mm Hg out
Pression colloïdale oncotique	— 32 mm Hg in
Pression capsulaire hydrostatique	— 18 mm Hg in

PNF = 60-32-18 = 10mmHg

Filtration peu sélective



Substance	Molecular Weight (Da)	Molecular Radius (nm)	Permeability
Na^+	23	0.10	1.0
Water	18	0.15	1.0
Glucose	180	0.33	1.0
Inulin	5,000	1.48	0.98
Myoglobin	17,000	1.88	0.75
Hemoglobin	68,000	3.25	0.03
Serum albumin	69,000	3.55	<0.01

❖ La charge électrique:

les molécules chargées négativement (protéines) sont repoussées par le champ électrique négatif au niveau filtre glomérulaire (membrane basale).

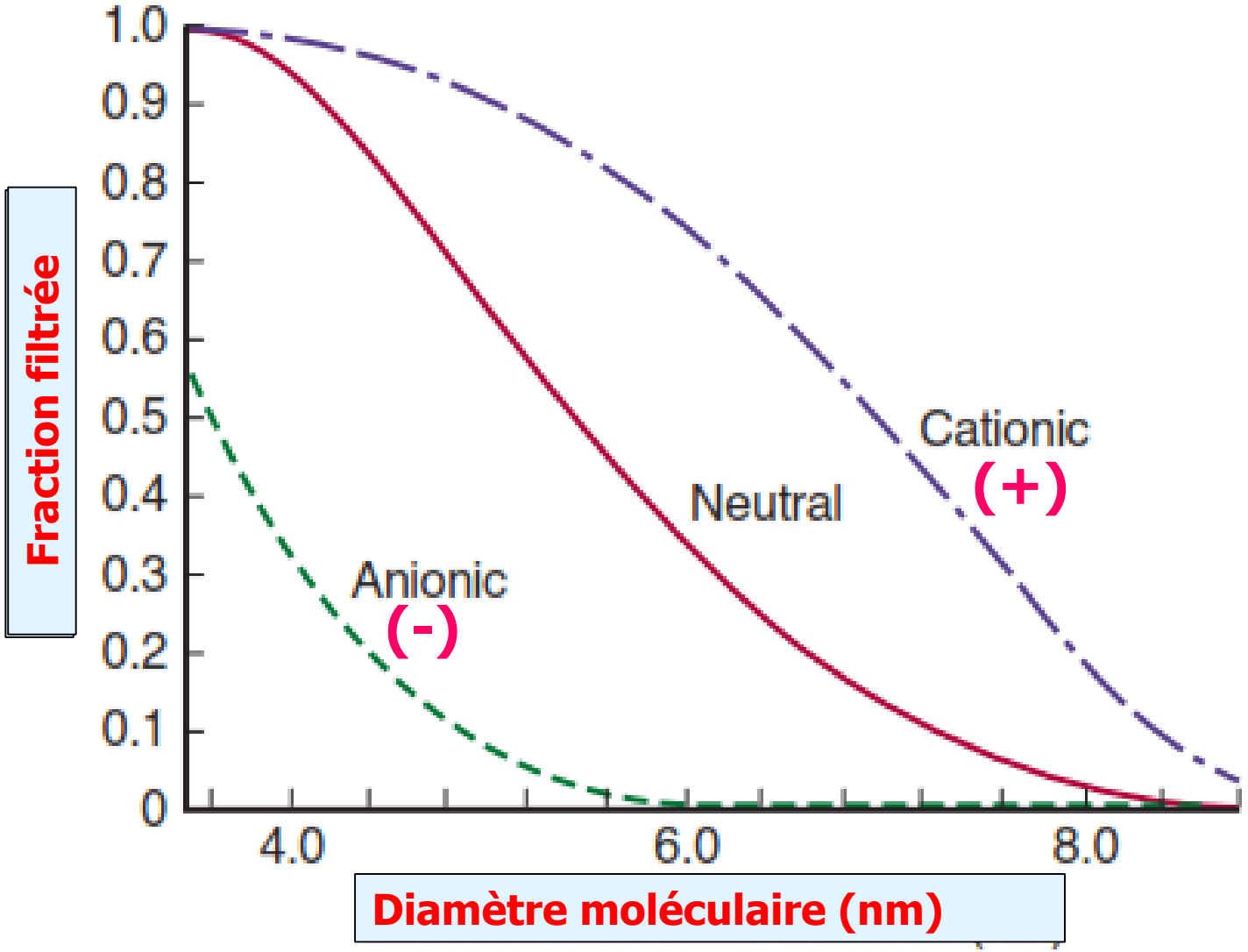
Les molécules non filtrées sont phagocytées par les podocytes.

❖ Taille (diamètre)

✓**rayon < 4nm: librement filtrées**

✓**4 < rayon < 8nm: partiellement filtrées.**

✓ **rayon > 8nm: non filtrées.**



Perméabilité glomérulaire : influence de la charge électrique et de la taille moléculaire.

2- Débit de Filtration Glomérulaire:

- DFG correspond au volume du plasma filtré par le rein par unité de temps.
- Il dépend essentiellement de la perméabilité membranaire et de la pression nette de filtration.

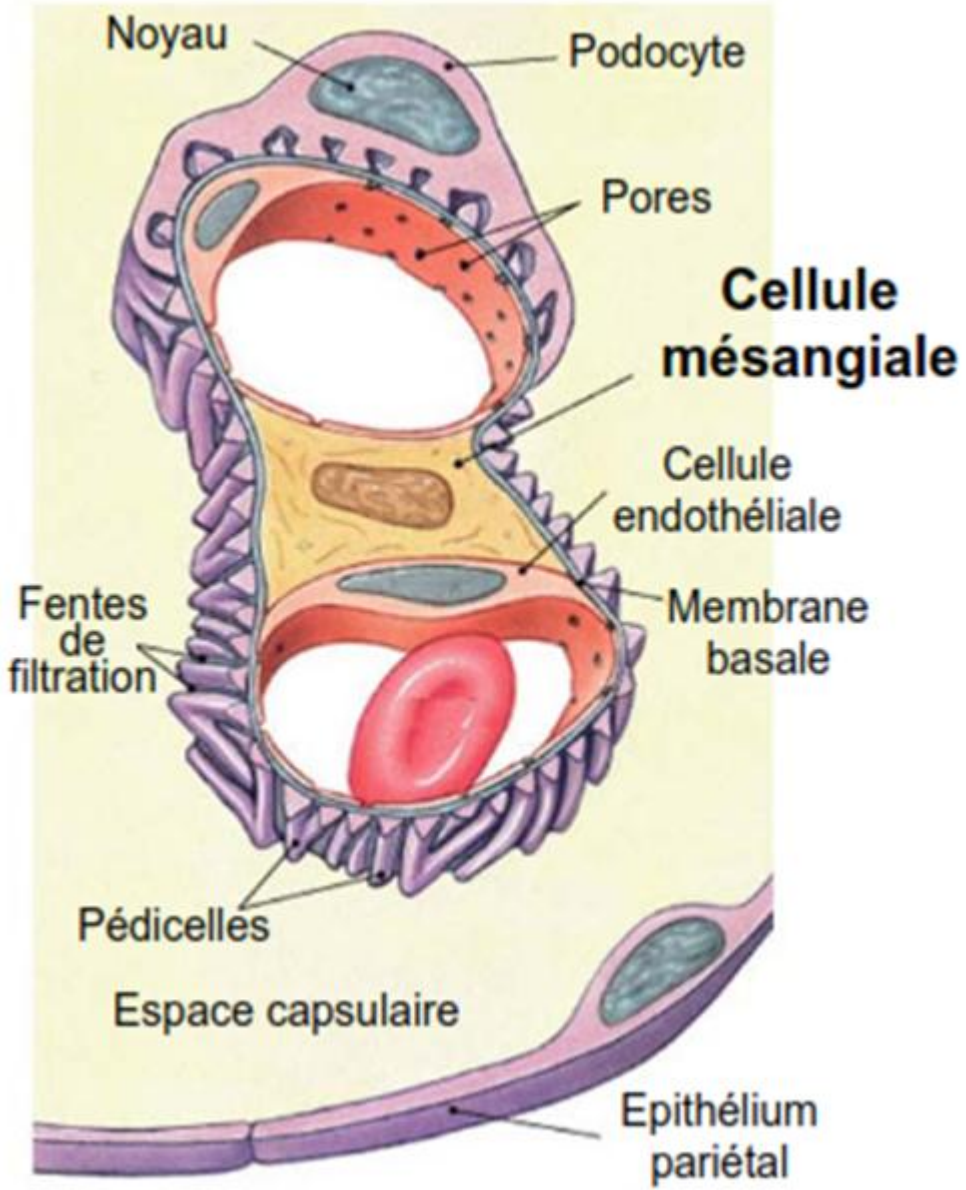
"DFG = Kf x PNF"

Kf: coefficient de perméabilité, (peu d'effet dans les conditions physiologiques normales)

K_f = surface X perméabilité

- Normalement, 20% du plasma entrant dans le glomérule sont filtrés = Fraction de filtration
- Le débit plasmatique rénal = 625 ml/min ce qui donne un DFG de 125 ml/min pour les deux reins.

Les capillaires glomérulaires sont 100 fois plus perméables que les autres capillaires



Le coefficient d'ultrafiltration K_f

K_f = surface X perméabilité

Contraction des cellules mésangiales :

- ↓ Surface totale des capillaires actifs
- ↓ K_f
- ↓ DFG

Peu d'effet en conditions physiologiques normales

2- Régulation du débit de filtration glomérulaire:

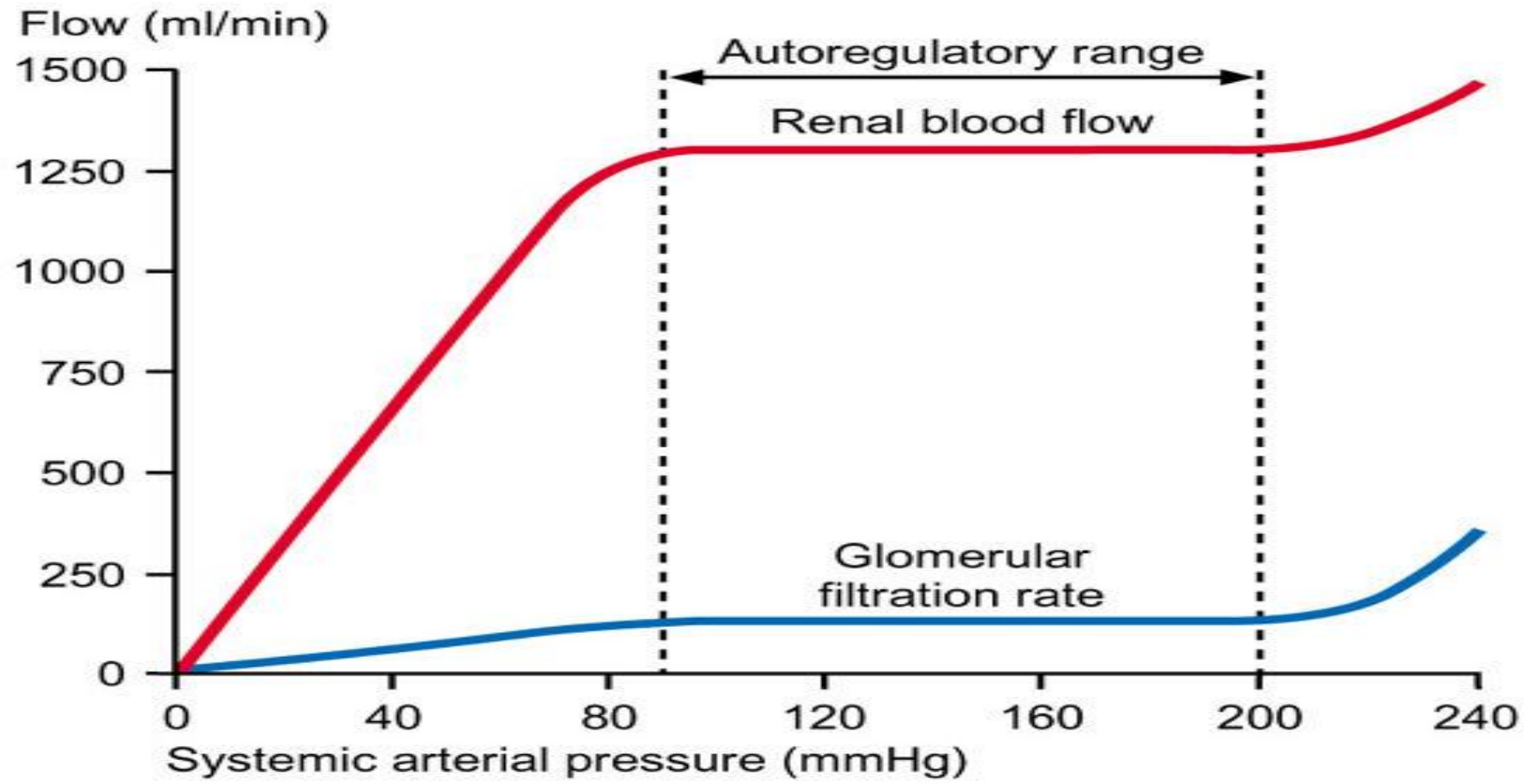
La pression nette de filtration est due à l'inégalité des pressions dans le capillaire glomérulaire et dans la capsule de Bowman, la modification de l'une quelconque de ces pressions peut modifier le DFG.

Deux niveaux de régulation:

i. **Intrinsèque**: autorégulation rénale.

ii. **Extrinsèque**: nerveuse et hormonale.

Les mécanismes d'autorégulation sont efficaces pour des valeurs de la pression artérielle allant de 80 à 180 mmHg, ils deviennent inopérants lorsque la pression artérielle chute en dessous de 80 mmHg (hémorragie, déshydratation sévère).

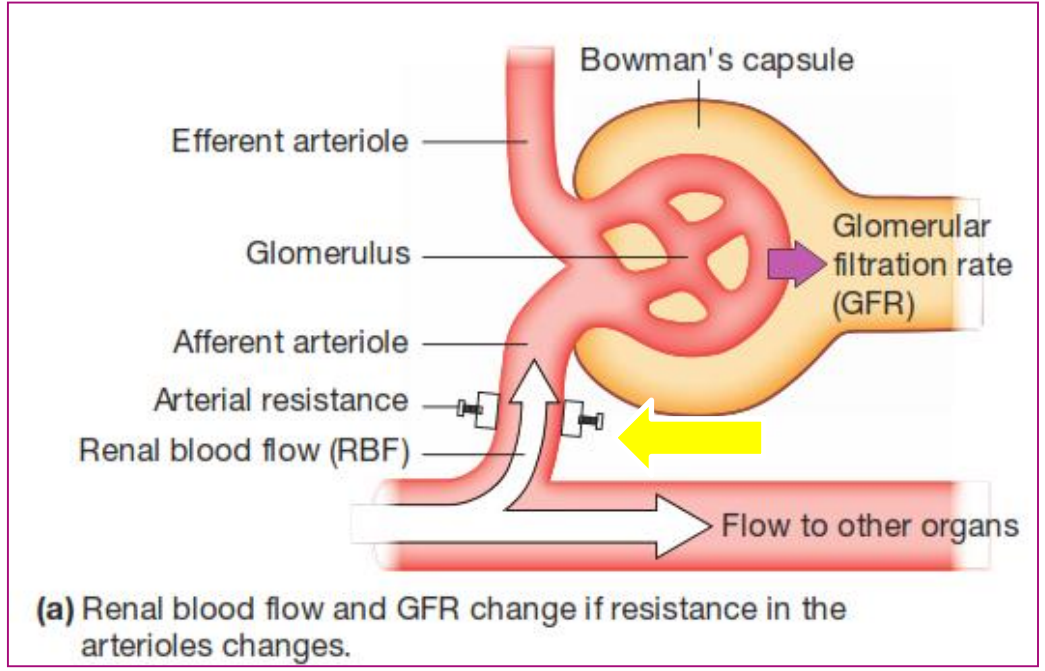


© **Fleshandbones.com** Davies et al: Human Physiology

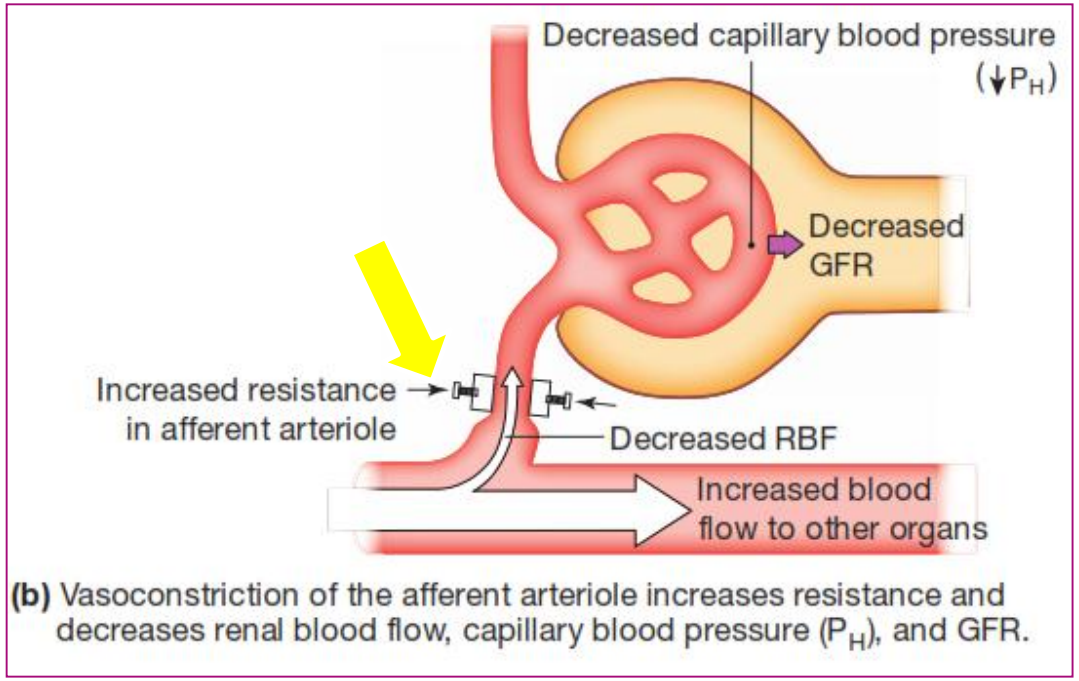
Auto-régulation rénale

1- Mécanisme vasculaire myogène:

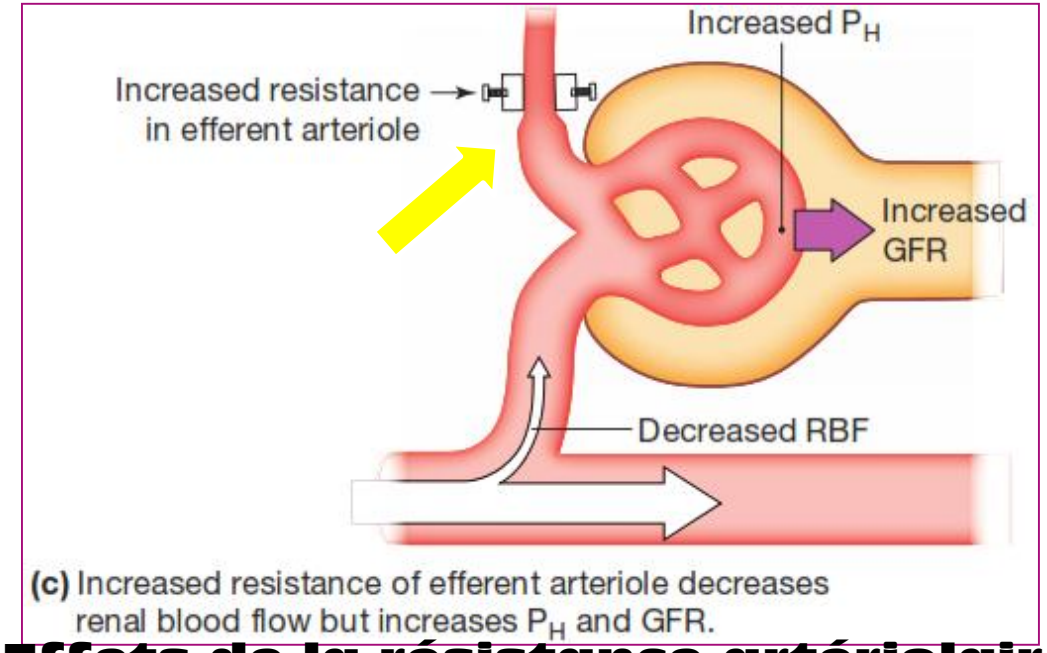
- Contrôle de la contractilité du muscle lisse vasculaire en amont du glomérule (AA) suite à une modification de la pression de perfusion rénale.
- -augmentation de PA: étirement de la paroi, contraction du muscle lisse vasculaire: Vasoconstriction et diminution du DSR et du DFG.
- -diminution de PA: relâchement de la paroi et relaxation du muscle lisse vasculaire: Vasodilatation et augmentation du DSR et du DFG.



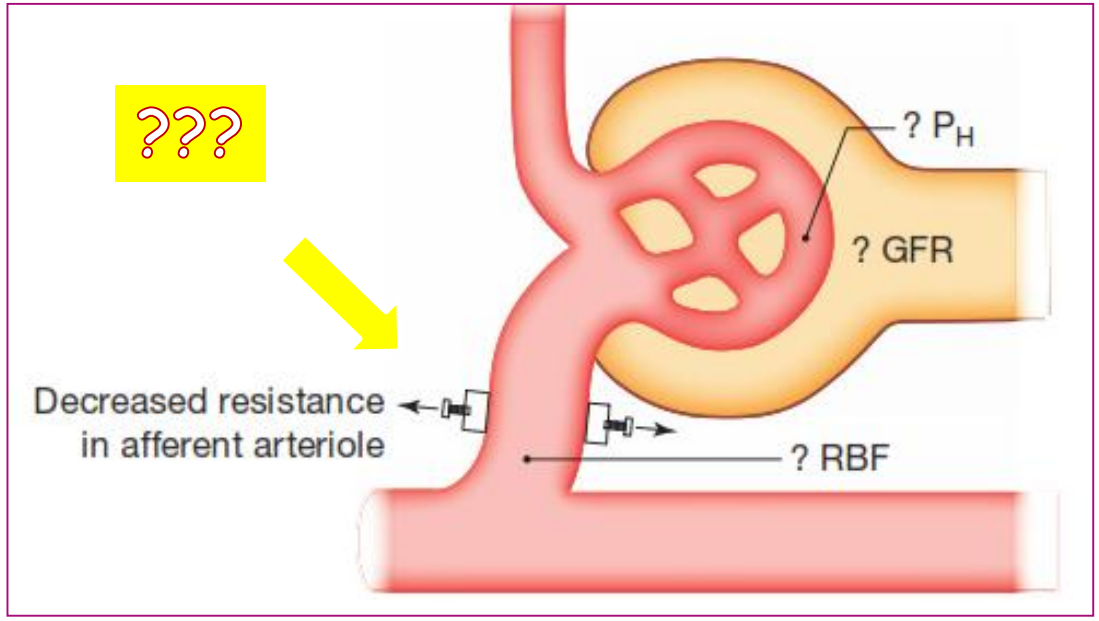
(a) Renal blood flow and GFR change if resistance in the arterioles changes.



(b) Vasoconstriction of the afferent arteriole increases resistance and decreases renal blood flow, capillary blood pressure (P_H), and GFR.



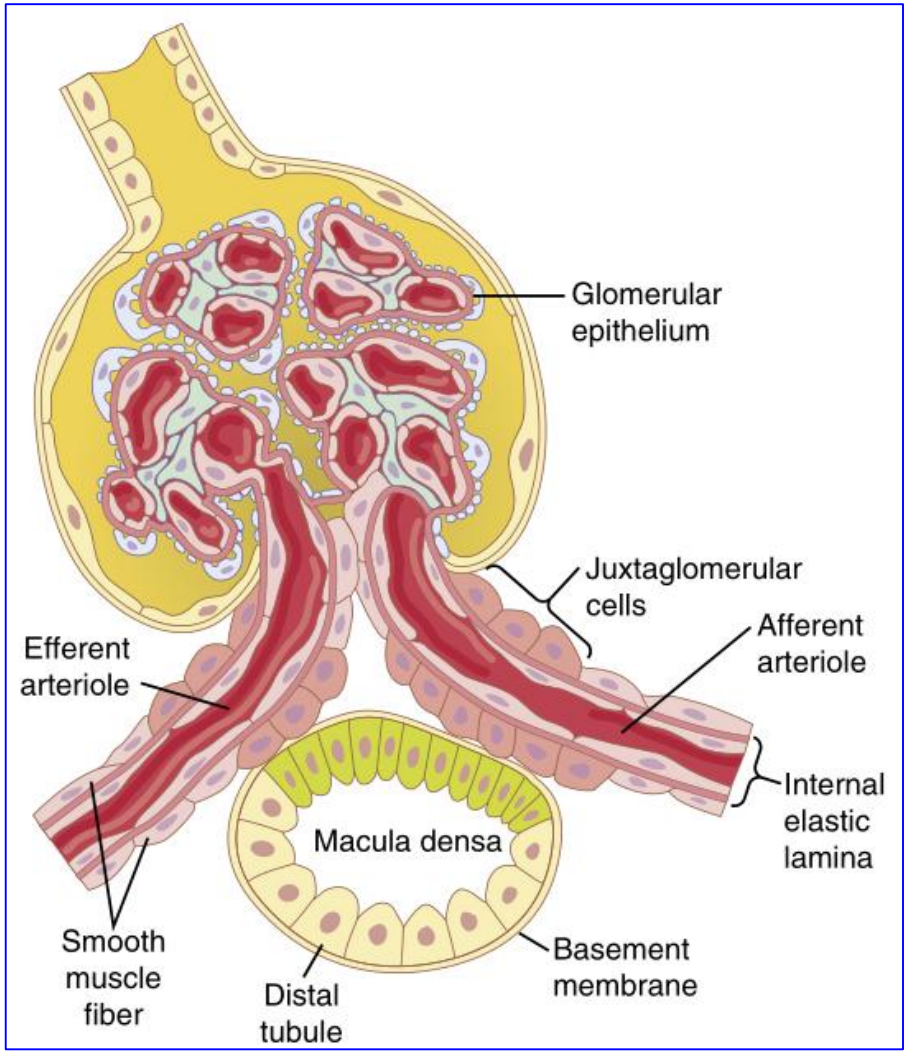
(c) Increased resistance of efferent arteriole decreases renal blood flow but increases P_H and GFR.

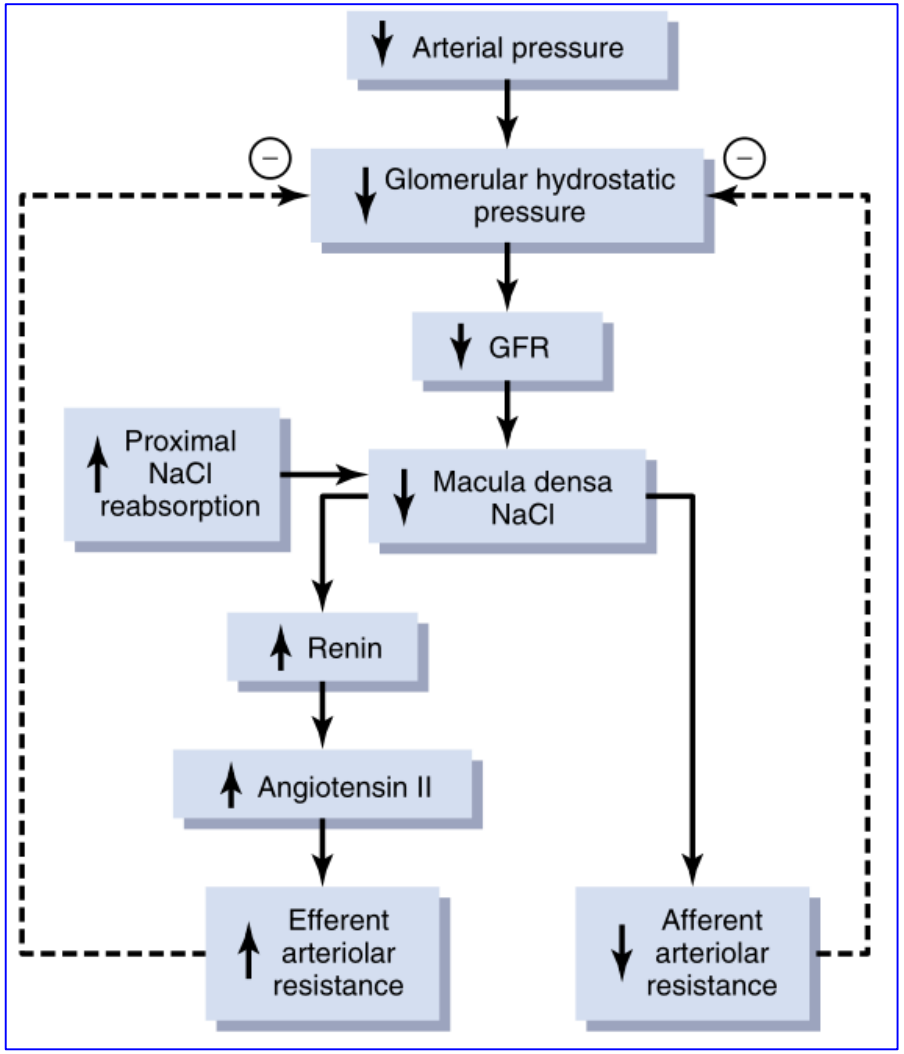


Effets de la résistance artériolaire sur le flux sanguin rénal et la filtration glomérulaire

2-Rétro-control tubuloglomérulaire

Contrôle sélectif de la résistance artériolaire pré (AA) et/ou post (AE) glomérulaire suite à des changements de débit du liquide tubulaire.





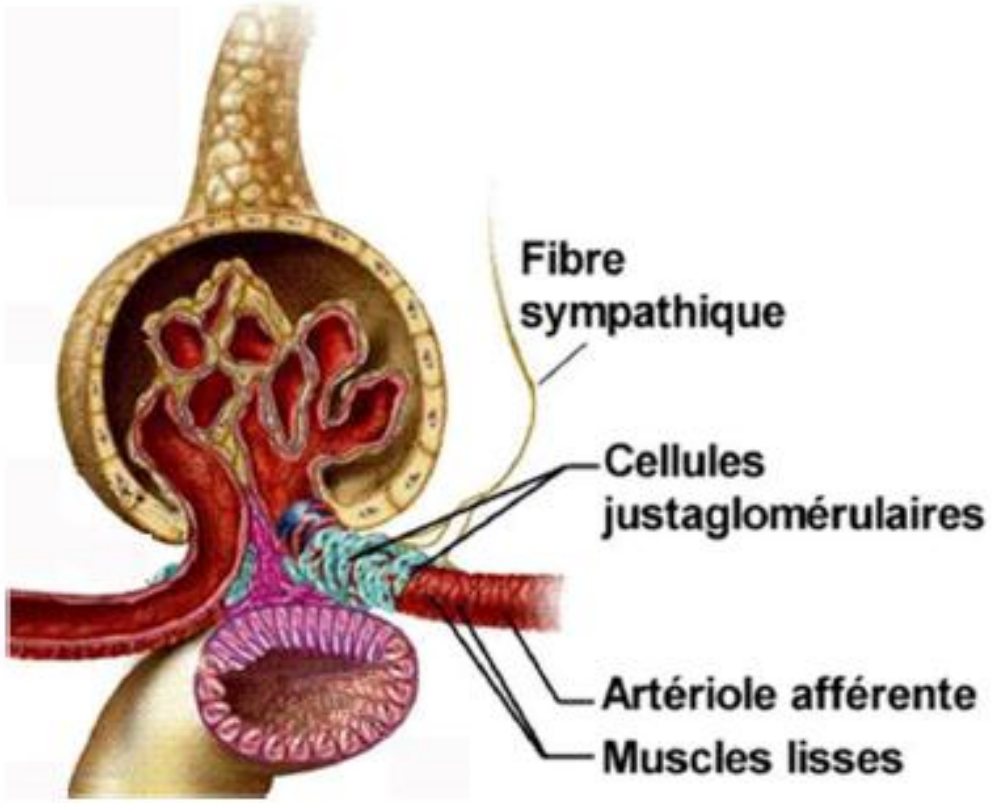
B- Régulation extrinsèque

1- Régulation nerveuse:

- Peut dépasser l'autorégulation en cas de **stress extrême** (hémorragie, hypotension sévère, situation d'urgence)

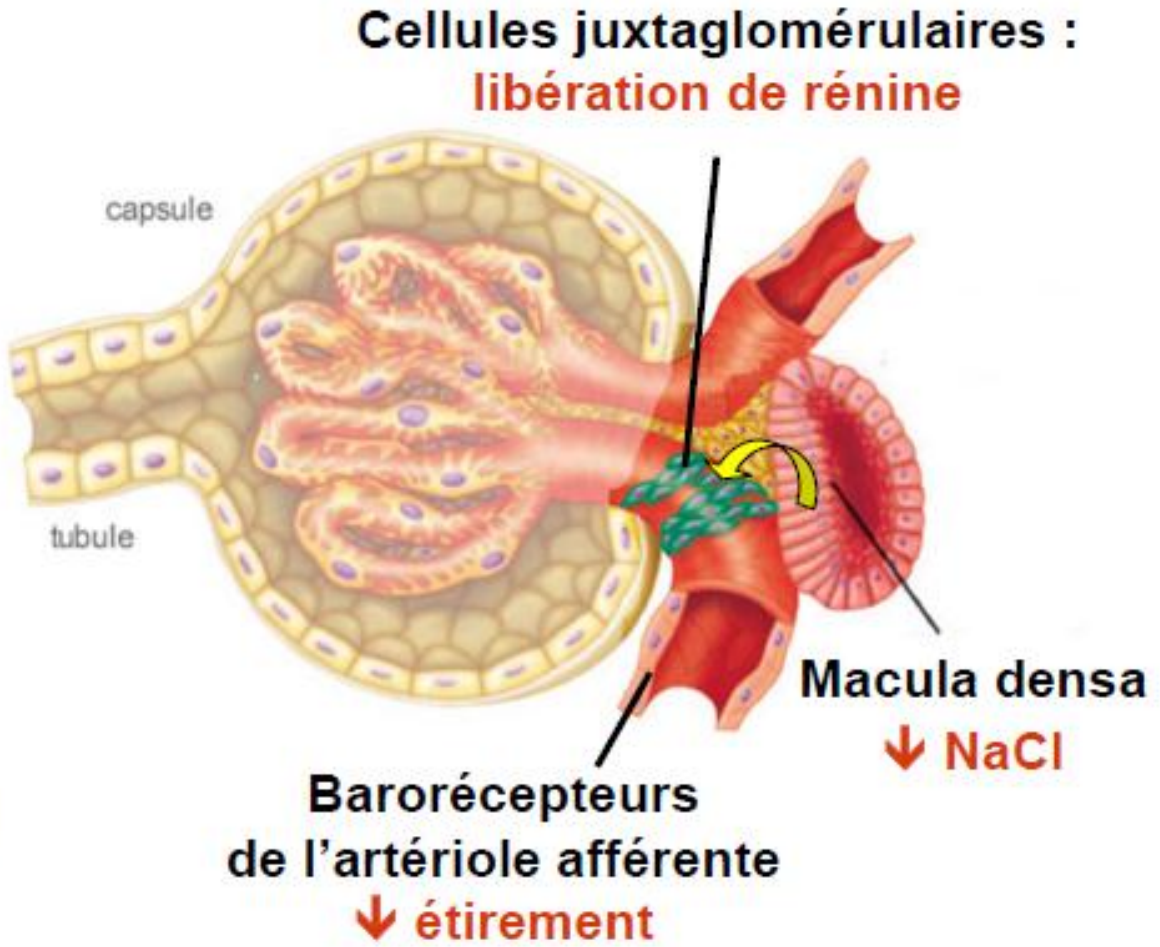
- **Activation du système nerveux sympathique** et libération d'adrénaline

- **Vasoconstriction des artérioles afférentes et ↓ DFG**



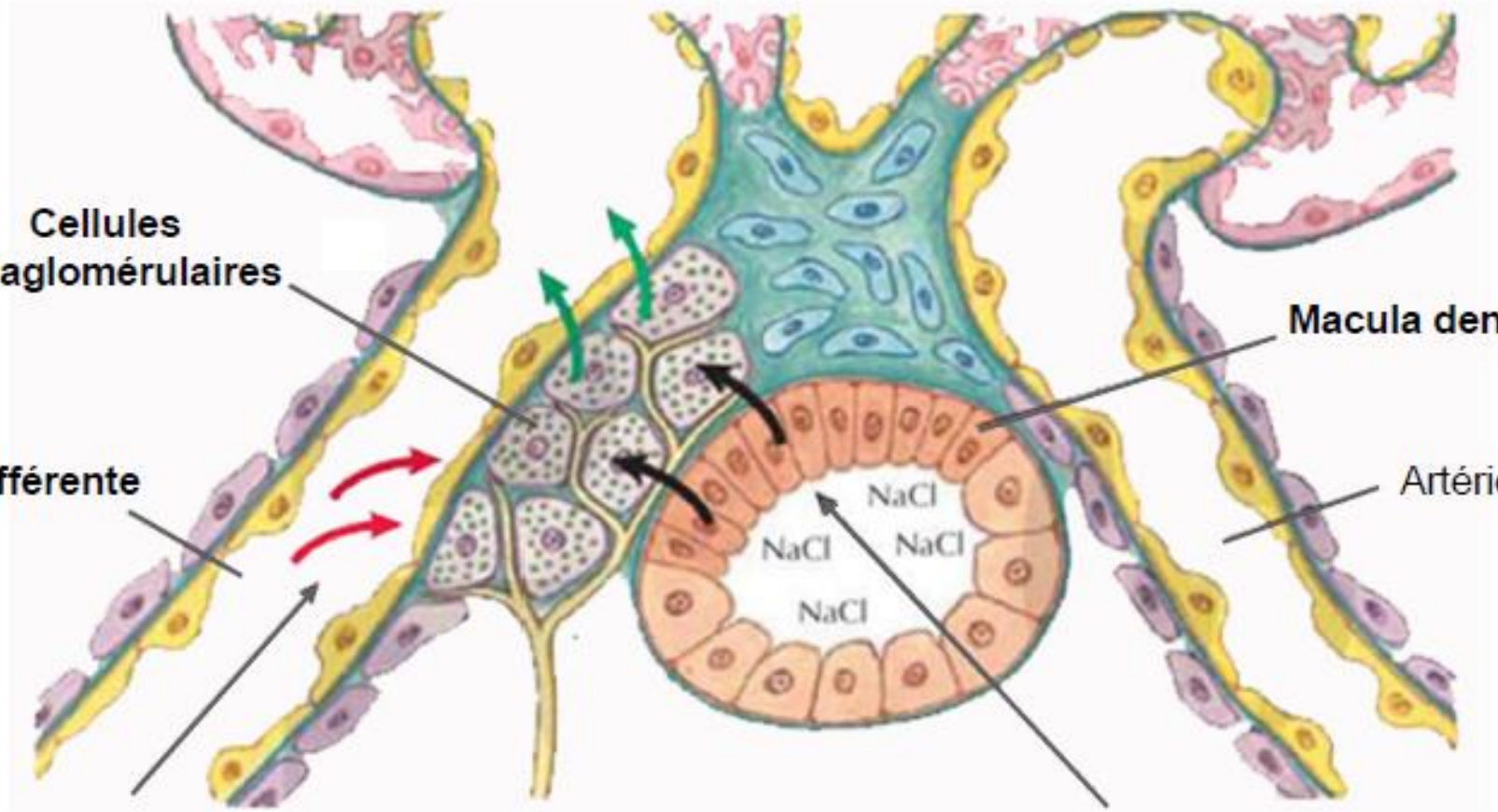
2- Régulation hormonale SRAA:

- **Diminution de la pression artérielle** :
  - **↓ étirement** de l'artériole afférente
  - **↓** DFG : **↓ de la [NaCl] tubulaire**
  - **Stimulation du SN sympathique** : récepteurs β1-adrénergiques
- **Libération de rénine** par les cellules juxtaglomérulaires



Appareil juxtaglomérulaire rénal

Mécanisme de la libération de la rénine par l'appareil juxta-glomérulaire

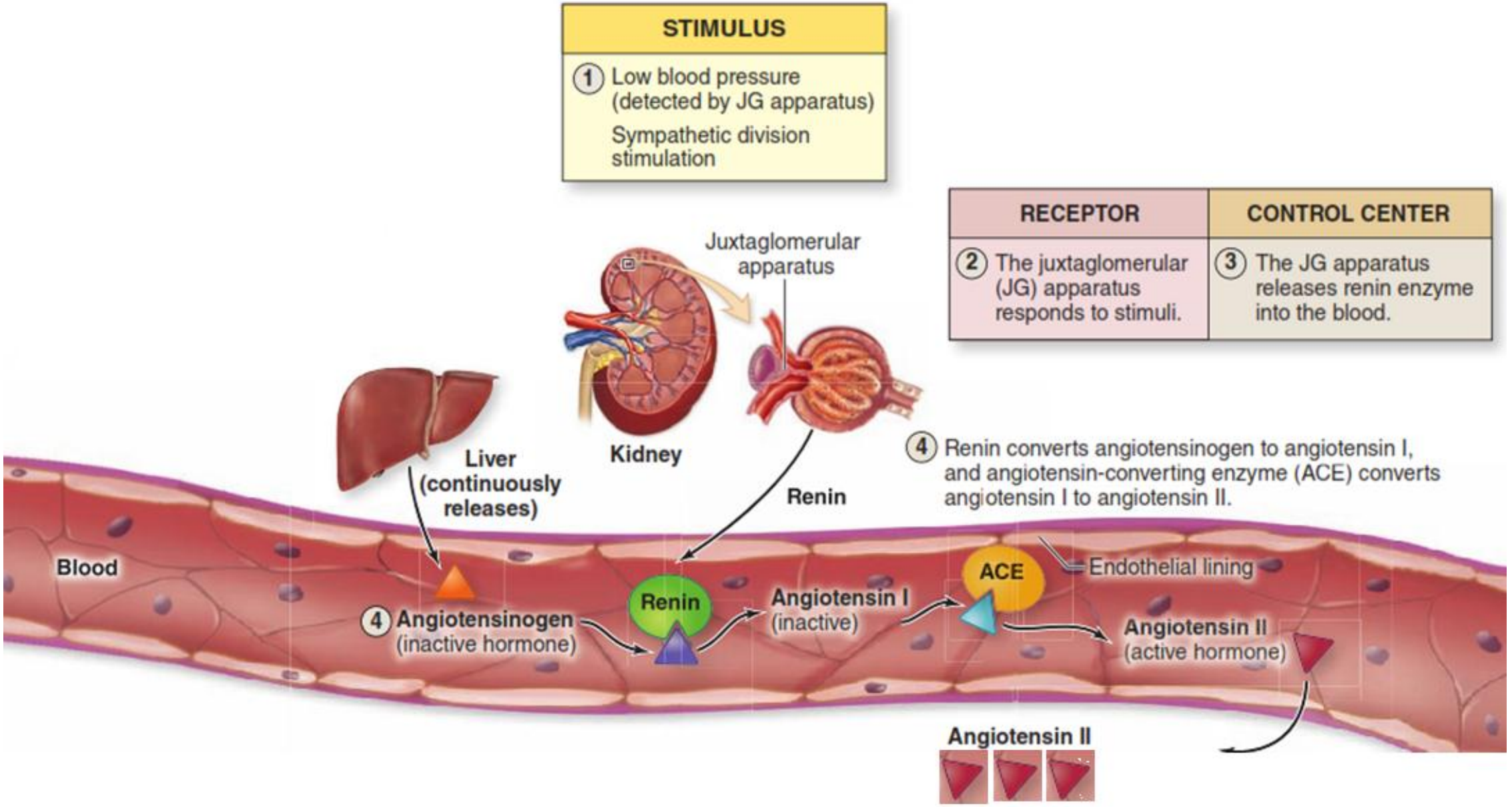


Barorécepteurs de l'artériole afférente
↑ Pression ↓ rénine
↓ Pression ↑ rénine

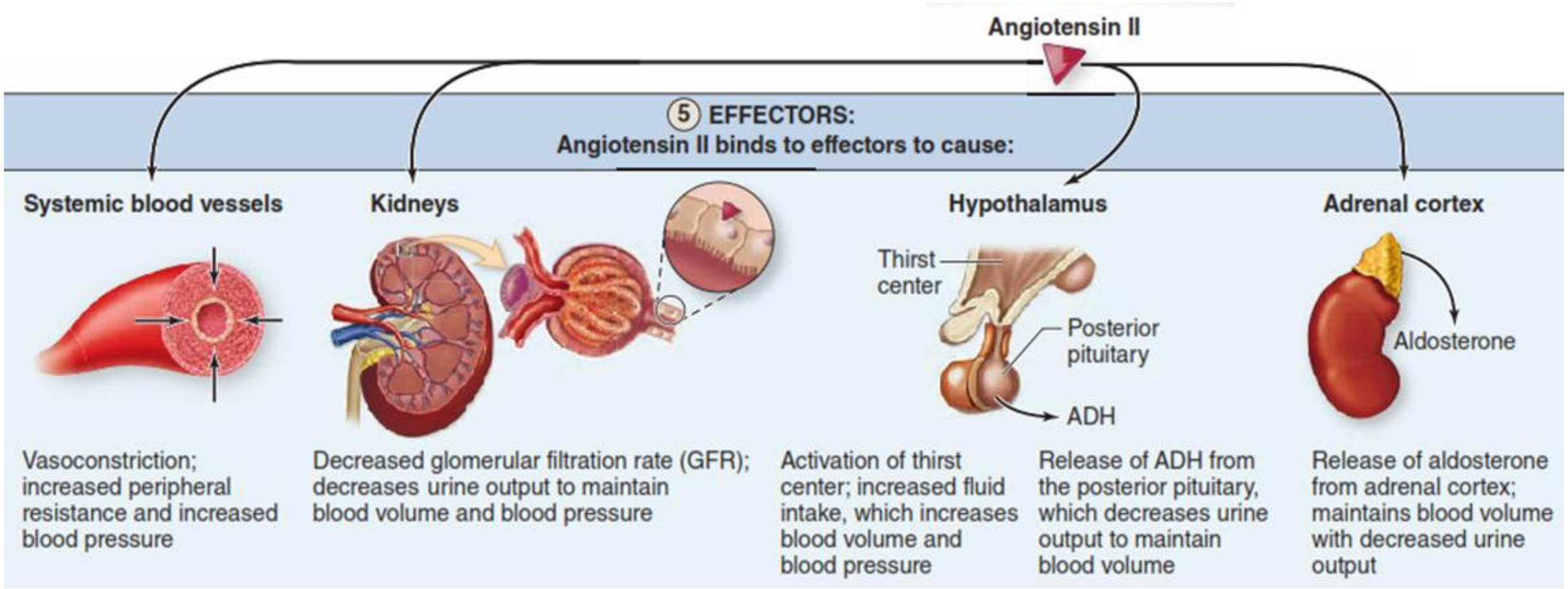
Système nerveux sympathique
Stimulation ↑ **rénine** via les récepteurs β_1 adrénergiques

Osmorécepteurs de la macula densa
↑ **NaCl** dans le tubule distal ↓ **rénine**
↓ **NaCl** dans le tubule distal ↑ **rénine**

Système rénine-angiotensine-aldostérone
Maintien du DFG lors du chute de pression artérielle



SRAA: Effets tissulaires.



NET EFFECT
6 Blood pressure increases.

II- RÉABSORPTION TUBULAIRE

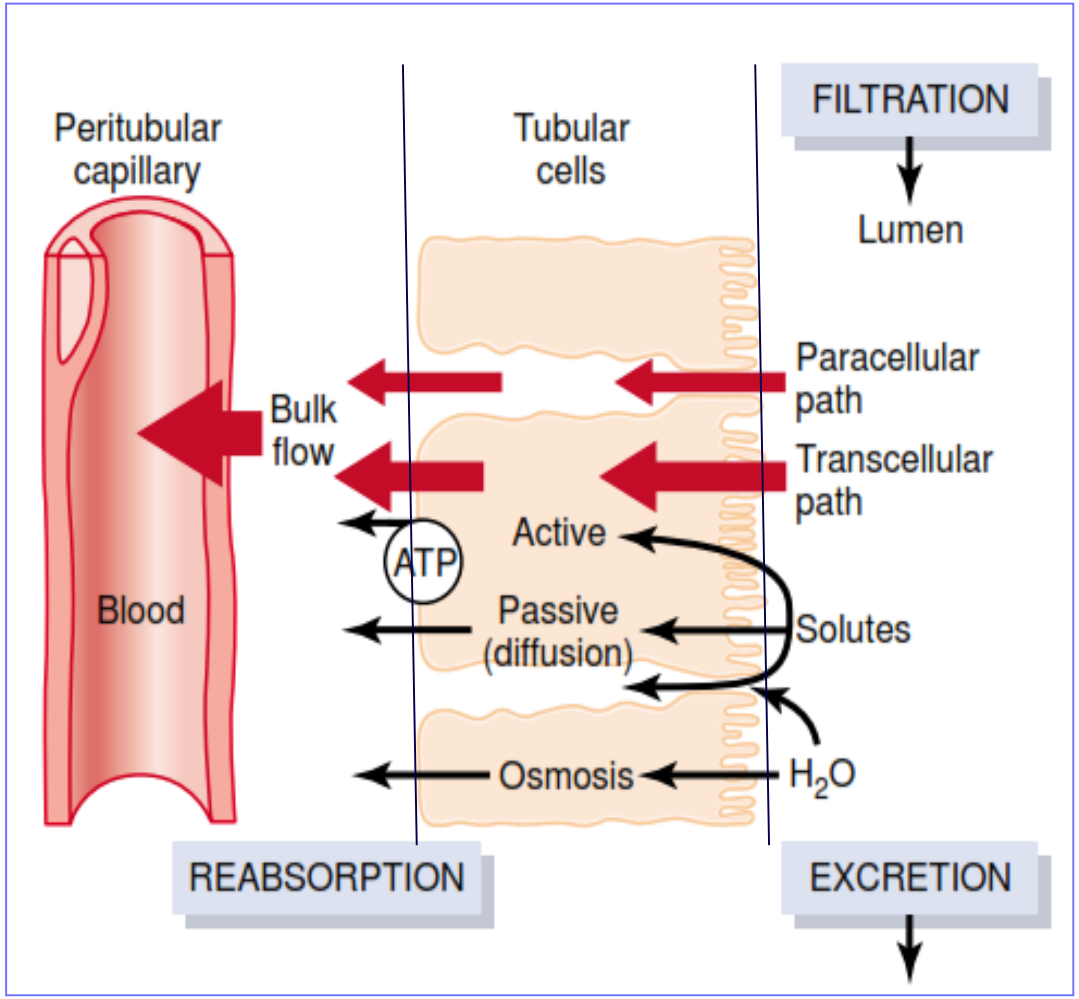
- Filtration glomérulaire peu sélective. Le filtrat contient des substances essentielles qui ne doivent pas être perdues dans l'urine.
- Réabsorption tubulaire: le transfert individuel de ces substances de la lumière du tubule aux capillaires péritubulaires. Elle permet le retour dans l'organisme de ces matériaux essentiels.
- Réabsorption tubulaire est énorme et SÉLECTIVE.
  - i. Réabsorption obligatoire: au niveau T.P.
  - ii. Réabsorption facultative: Sous contrôle hormonal dans les derniers segments (T.D et CC).

SUBSTANCES CHIMIQUES en g/L	PLASMA	FILTRAT (juste après la capsule de bowman)	SUBSTANCES RÉABSORBÉES DU FILTRAT	URINE
Eau	900 litres	180 litres	~ 178,5 litres	~ 1,5 litre
Protéines	7000 à 9000	10 à 20	10 à 20	0
Glucose	1.80	1.80	1.80	0
Chlore (Cl^-)	630	630	625	5
Sodium (Na^+)	540	540	537	3
Bicarbonates	300	300	299,7	0,3
Potassium (K^+)	28	28	24	4
Urée	53	53	28	25
Créatinine	1,5	1,5	0	1,5

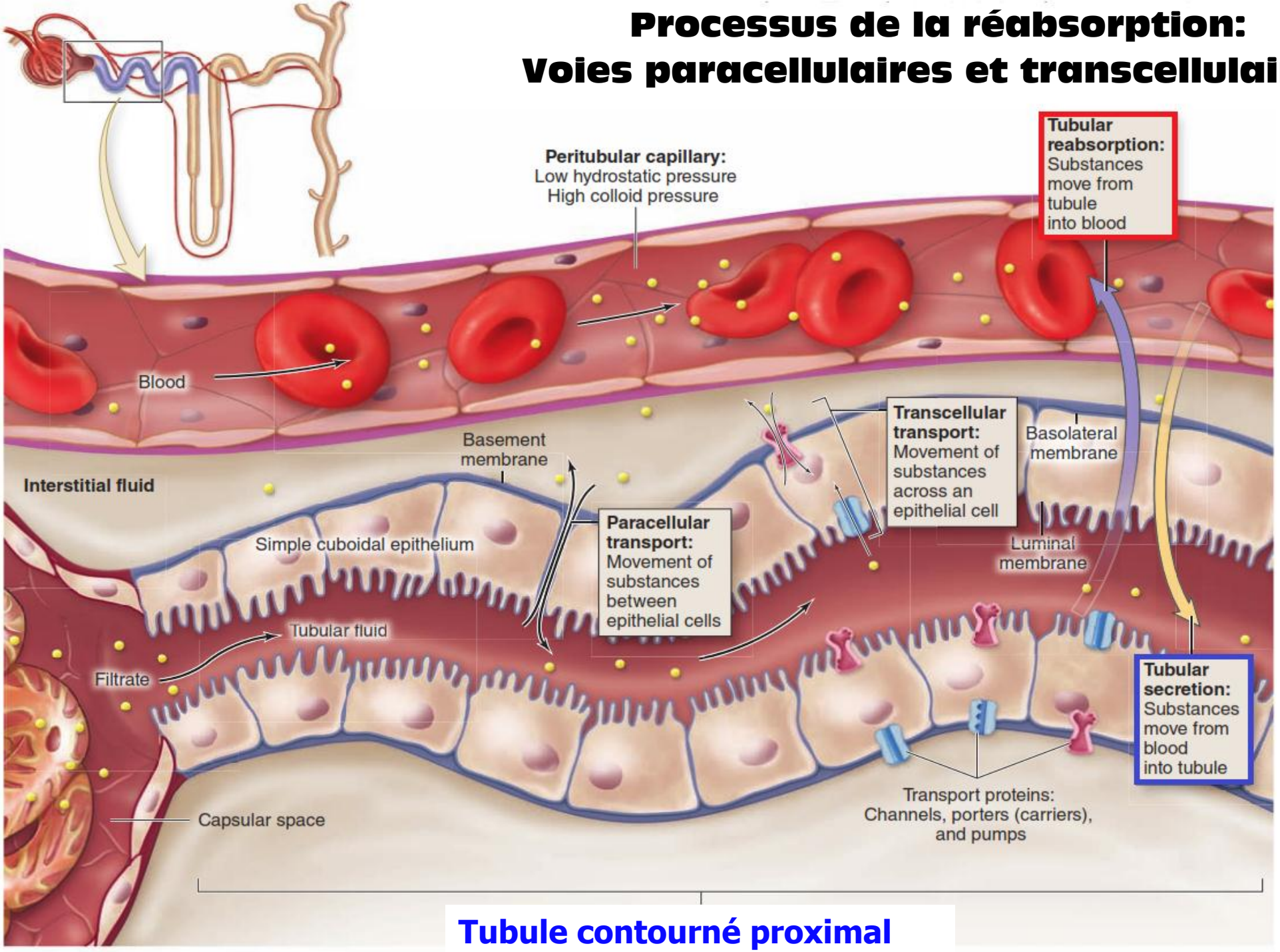
Réabsorption tubulaire est considérable: chaque jour les reins filtrent 180L de liquide et seulement 1 à 1,5L d'urine est excrété: Plus de 99% du liquide de filtrat sera réabsorbé et retourné dans les capillaires péritubulaires.

1- Processus de la réabsorption:

- **Transport trans-épithélial** débute dés que le filtrat ait atteint le tubule proximal.
- Selon que le transport nécessite l'énergie ou non:
  - **Passif**: ne consomme pas l'énergie.
  - **Actif**: consomme l'énergie. Se fait contre le gradient de [...]

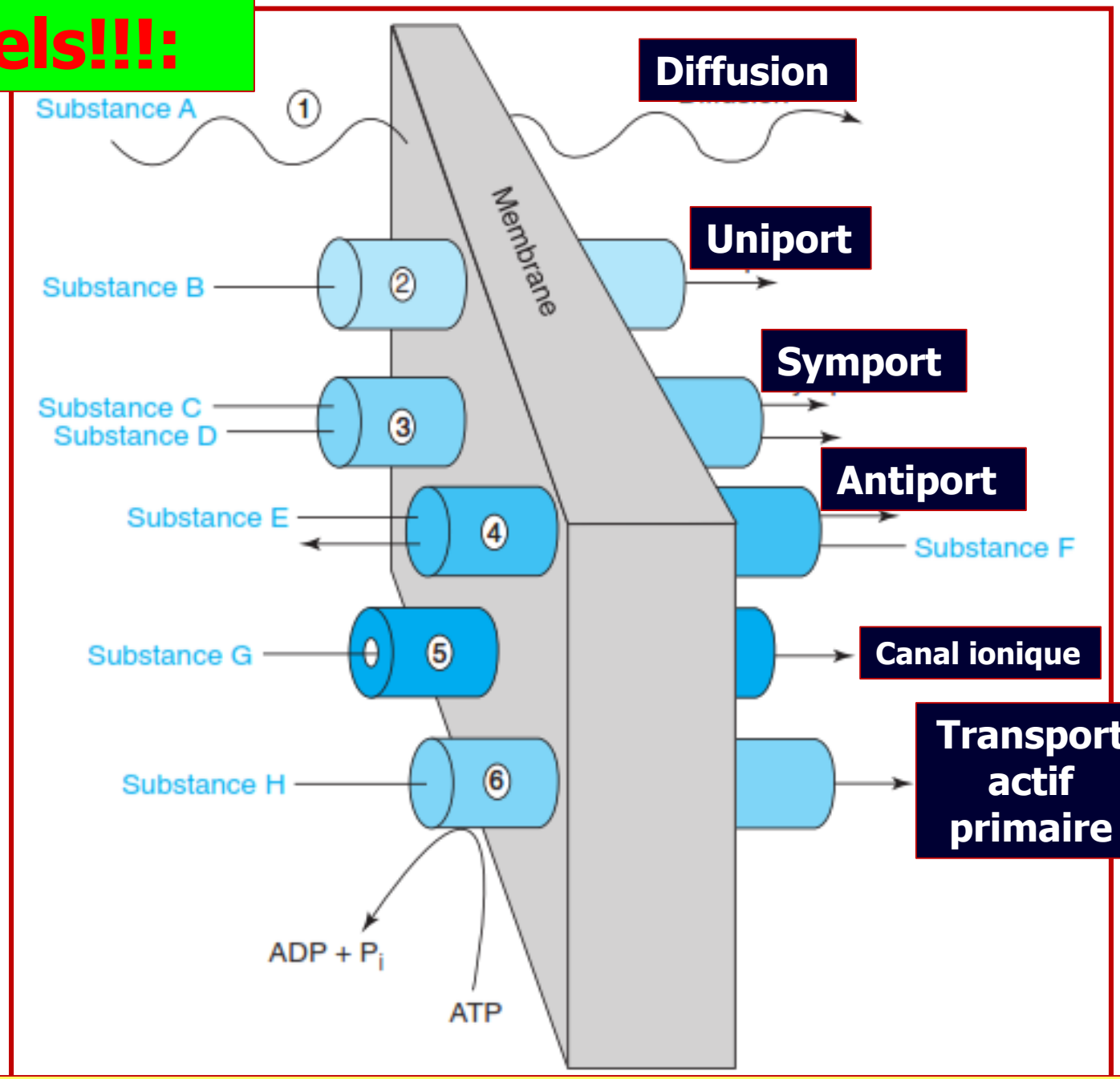


Processus de la réabsorption: Voies paracellulaires et transcellulaires.



Tubule contourné proximal

Rappels!!!:



Transport transmembranaire: mécanismes de base.

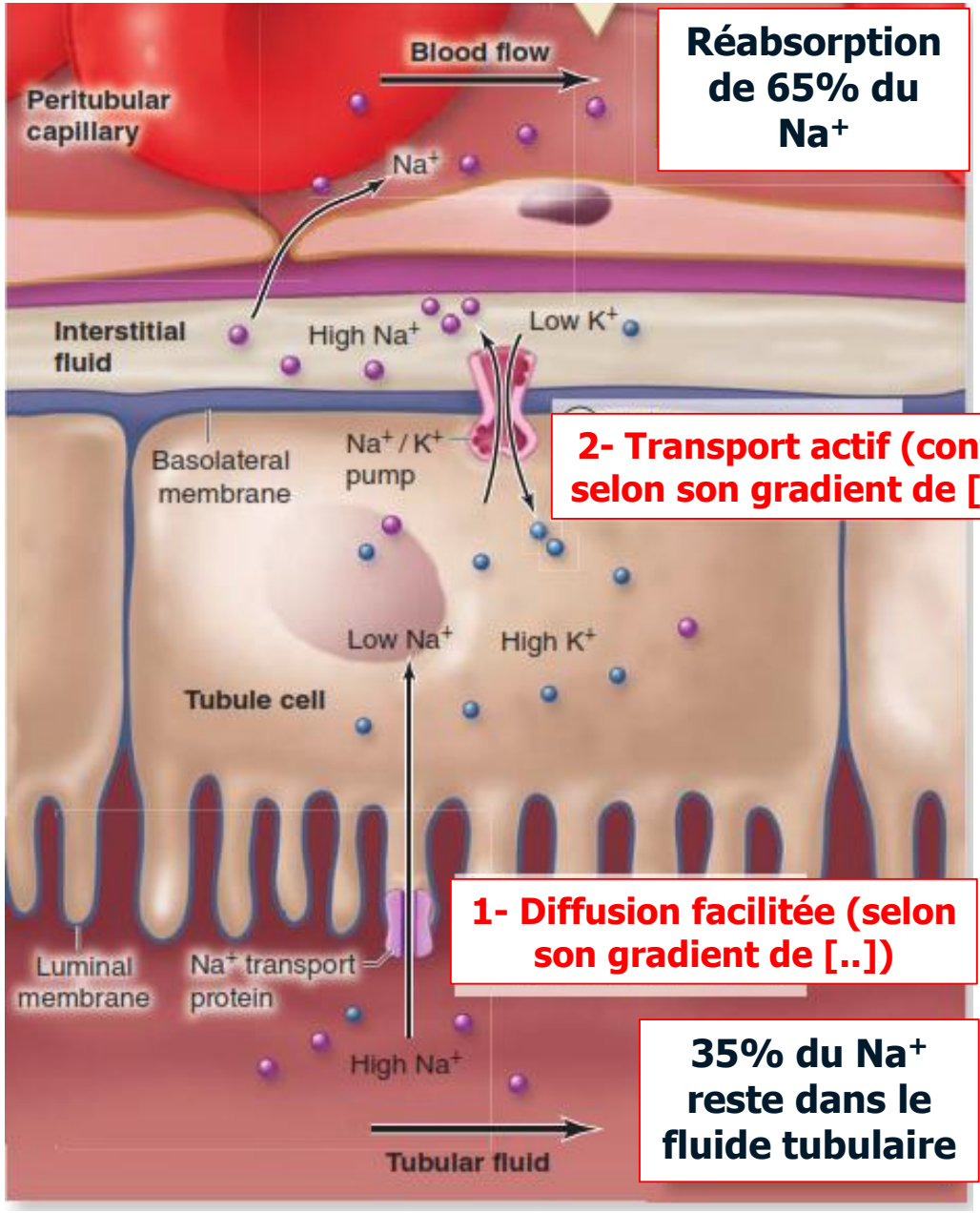
2- Réabsorption de Na+ :

Réabsorption obligatoire:

Environ 67% du Na+ filtré est réabsorbé au niveau proximal et 25% au niveau de l'anse de Henlé.

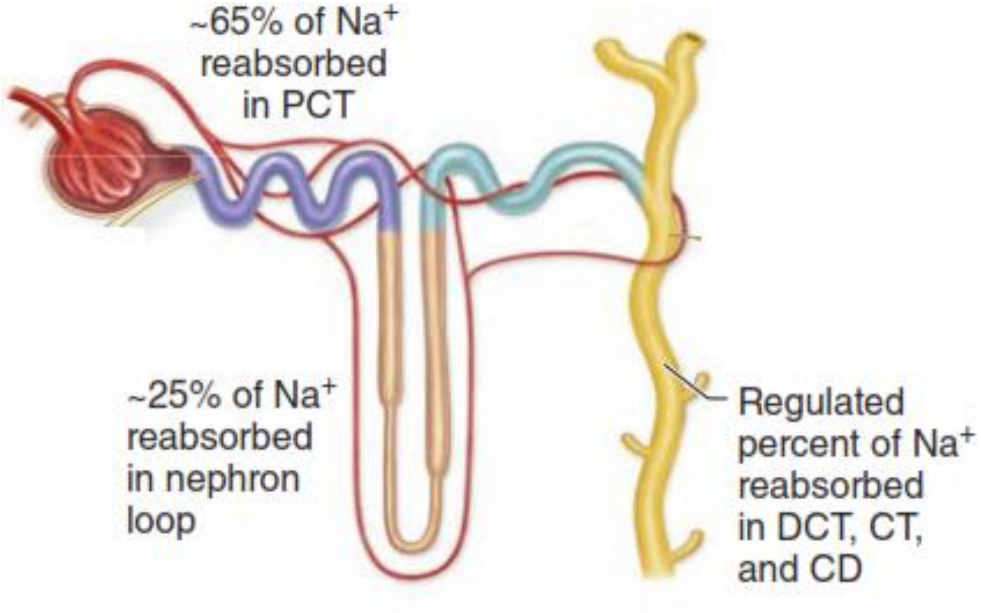
Réabsorption facultative (contrôlée):

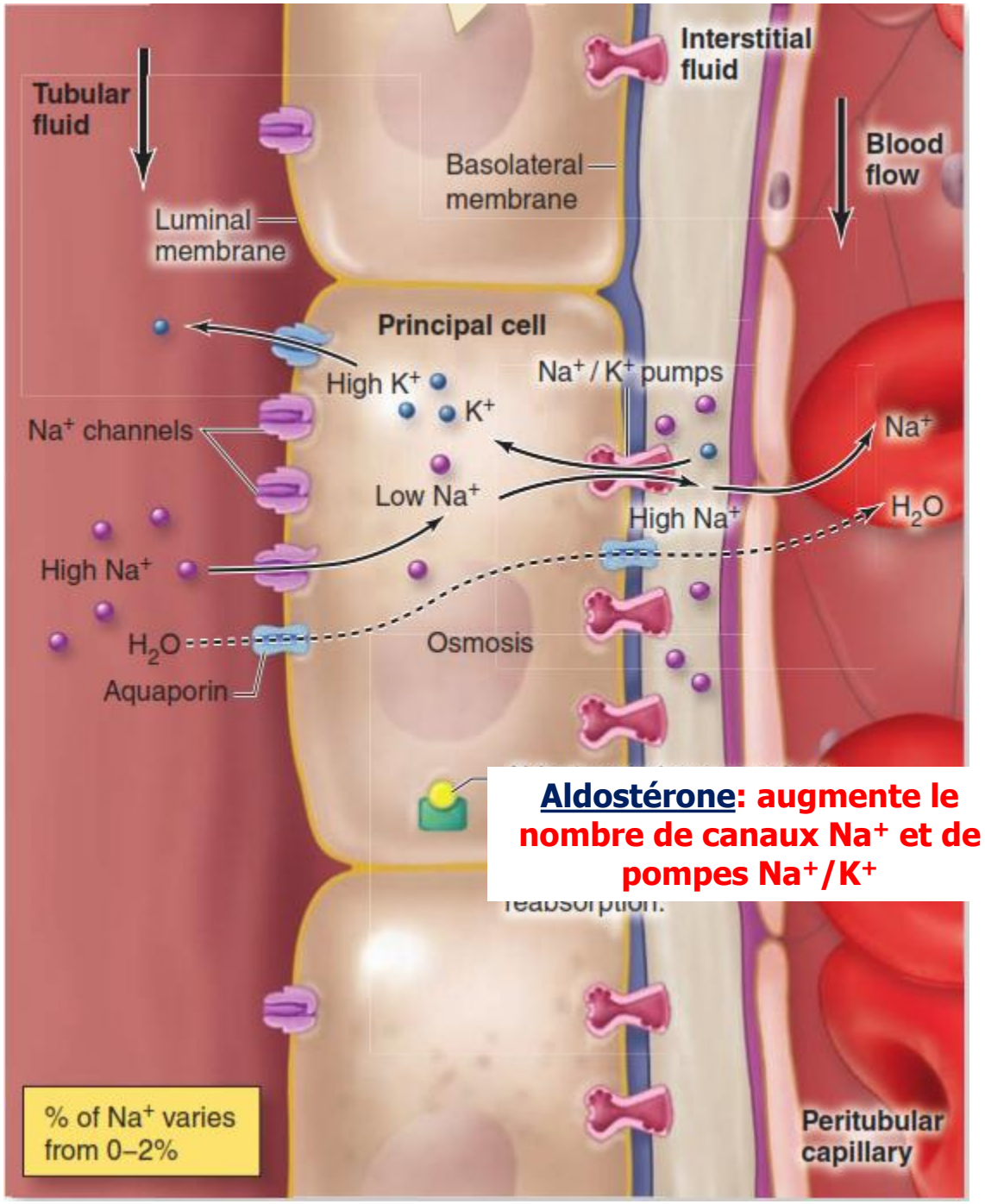
Elle est sous contrôle hormonal: Aldostérone. Concerne jusqu'au 8% du Na+. Elle a lieu dans les segments distaux (TD et CC).



Réabsorption contrôlée du Na^+:

- 0 à 8% dans le TD et CC.
- Augmentation de la réabsorption en présence de l'Aldostérone.

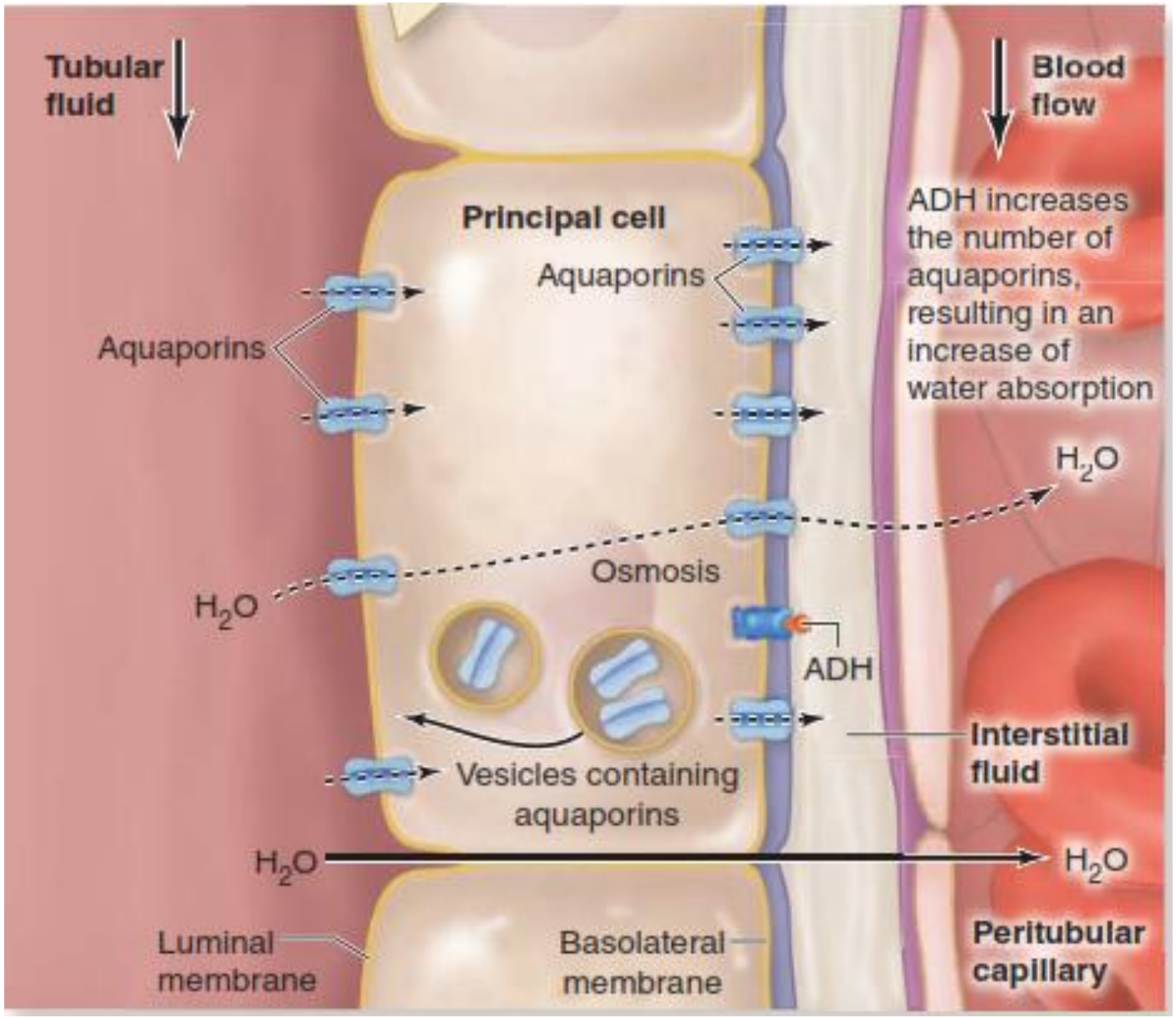




Aldostérone: augmente le nombre de canaux Na^+ et de pompes Na^+/K^+

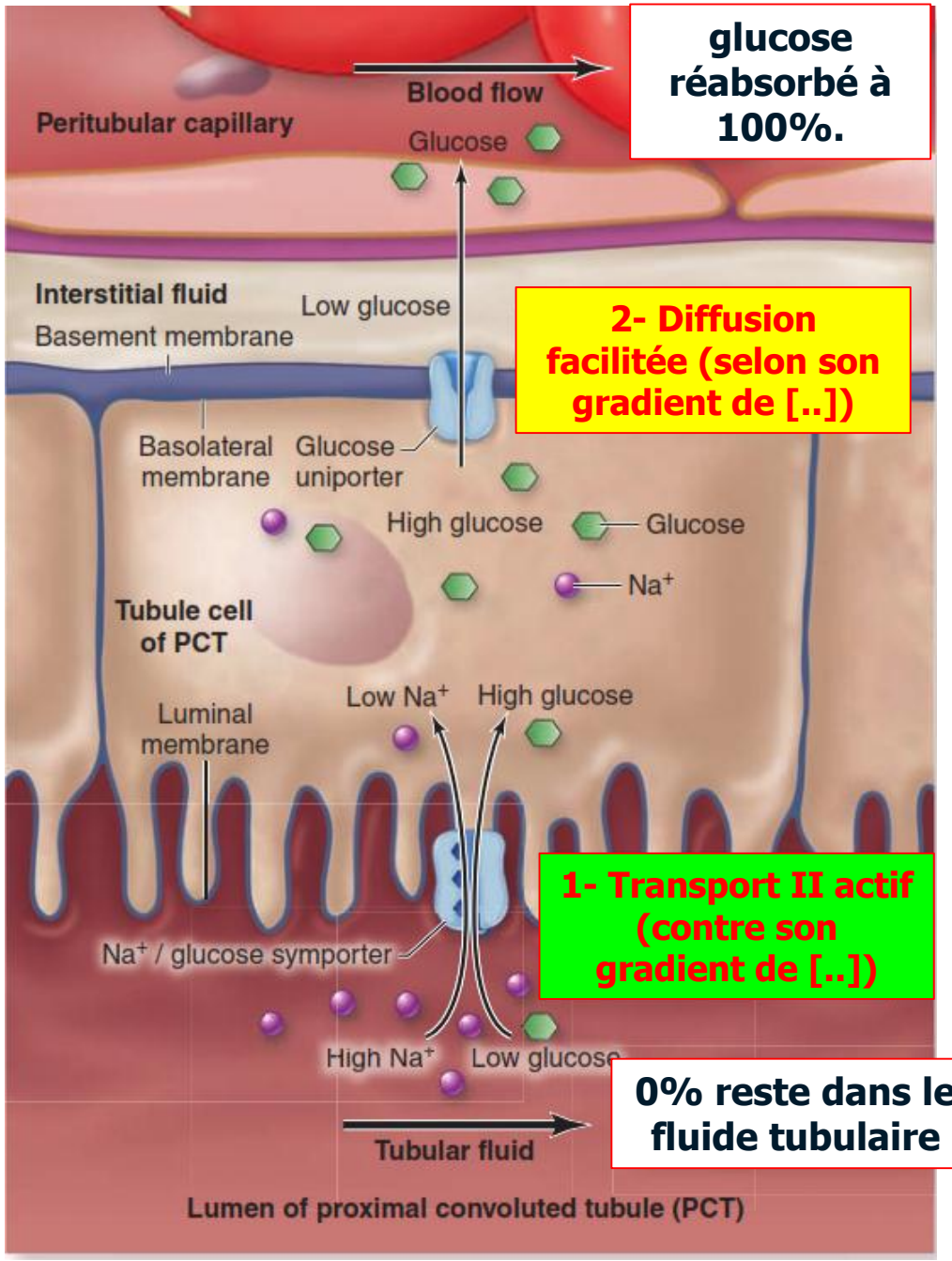
3- Réabsorption de l'eau:

- **Réabsorption obligatoire: 65% au niveau du TP et 10% au niveau de l'anse. l'eau suit toujours le Na^+ (Osmose).**
- **Réabsorption contrôlée: 20% au niveau du TD et du CC. Sous contrôle de l'ADH: hormone antidiurétique.**



4- Réabsorption du glucose et des acides aminés:

Complètement réabsorbés au niveau du tubule proximal par un mécanisme de transport actif II dépendant de Na + (voir absorption intestinale).



4- Réabsorption active maximale et notion de Tm (ex: la réab. du glucose):

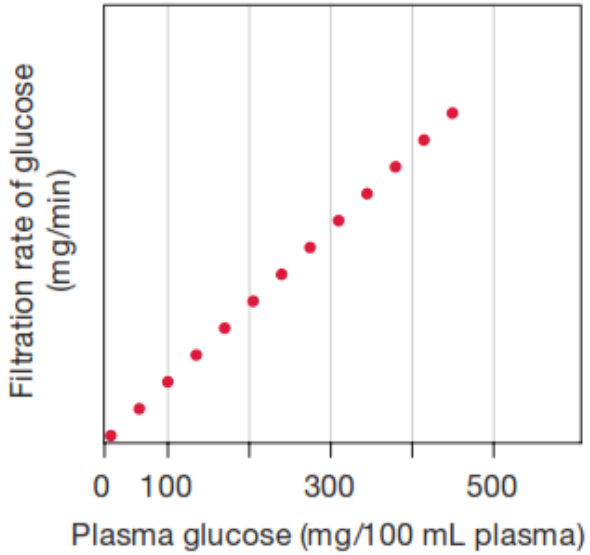
- **Transport actif = liaison à un transporteur (nb limité).**
- **Maximum: tous les transporteurs sont occupés.**
- **Le Transport maximal (TM): la quantité maximale que les cellules tubulaires peuvent transporter en un temps donné.**
- **Toute quantité filtrée supérieure au Tm sera excrétée dans l'urine.**
- **À l'exception du Na^+, toutes les substances réabsorbées activement ont un Tm. Le Na^+ n'a pas de Tm: l'aldostérone cause l'augmentation à la demande de nombres de transporteurs.**

Ex: Réabsorption du glucose:

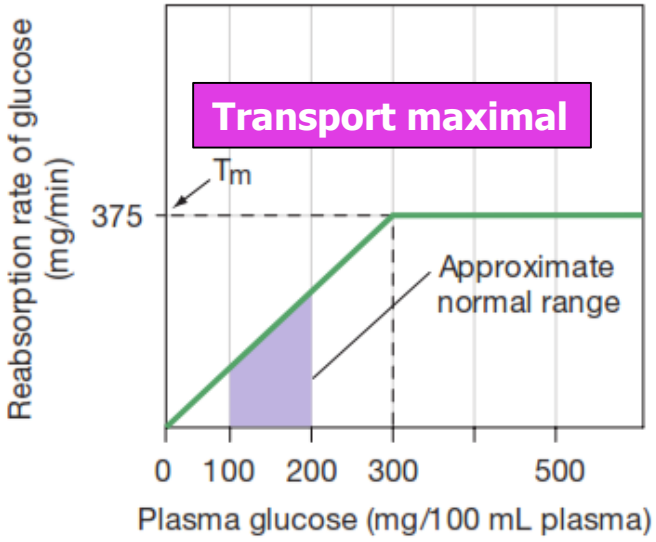
- La $[glucose]_{plasmatique}$ = 1g/L. Le glucose est librement filtré. La $[glucose]_{capsule\ de\ Bowman}$ sera égale à 1g/L.
- À un DFG de 125mL/min, 125mg de glucose passe dans la capsule de Bowman chaque minute.

$$Quantité\ (glucose)_{filtrée} = TFG \times [glucose]_{plasmatique.}$$

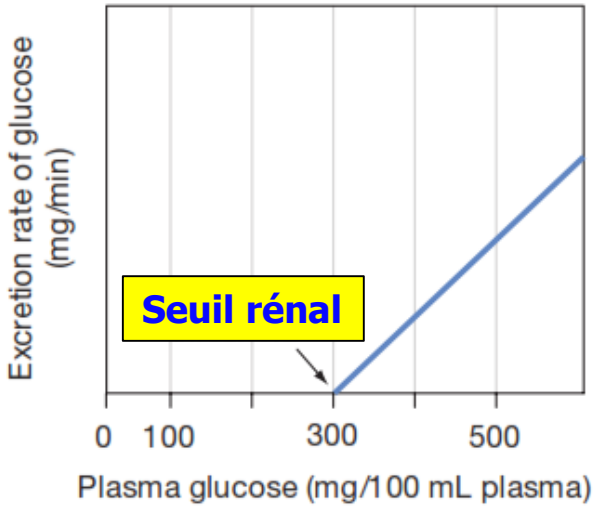
- Le Tm du glucose est en moyenne 375mg/min: le système de transport peut prendre en charge 375 mg de glucose par minute avant d'être saturé.
- À la $[glucose]_{plasmatique}$ de 1g/L, les 125 mg/min filtrés seront totalement réabsorbés (pas de glucose dans l'urine).
- Quand $[glucose]_{plasmatique}$ = 3g/L, le glucose passe dans les urines.
- Seuil rénal d'une substance: la concentration plasmatique de cette substance qui correspondant à son apparition dans les urines.



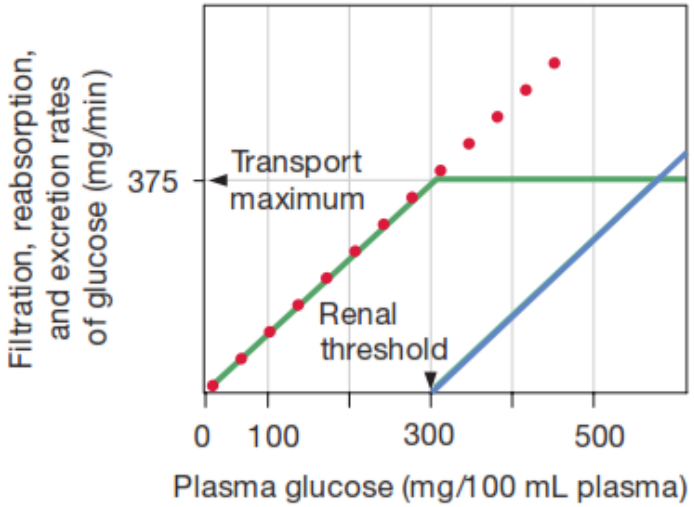
(a) Filtration of glucose is proportional to the plasma concentration.



(b) Reabsorption of glucose is proportional to plasma concentration until the transport maximum (T_m) is reached.



(c) Glucose excretion is zero until the renal threshold is reached.



(d) Composite graph shows the relationship between filtration, reabsorption, and excretion of glucose.

Comportement rénal du glucose: Tm et seuil rénal.

III- SÉCRÉTION TUBULAIRE

Sécrétion tubulaire: transfert de substances des capillaires péritubulaires vers la lumière du tubule.

C'est un mécanisme additionnel accélérant l'élimination de ces substances hors de l'organisme.

1- sécrétion des ions H^+:

✓ Essentielle pour la régulation de l'équilibre acido-basique de l'organisme.

2- sécrétion des ions $k+$:

3- sécrétion des ions organiques:

Les cellules du tube distal contiennent des transporteurs pour la sécrétion d'anions et d'autres pour celle des cations organiques.

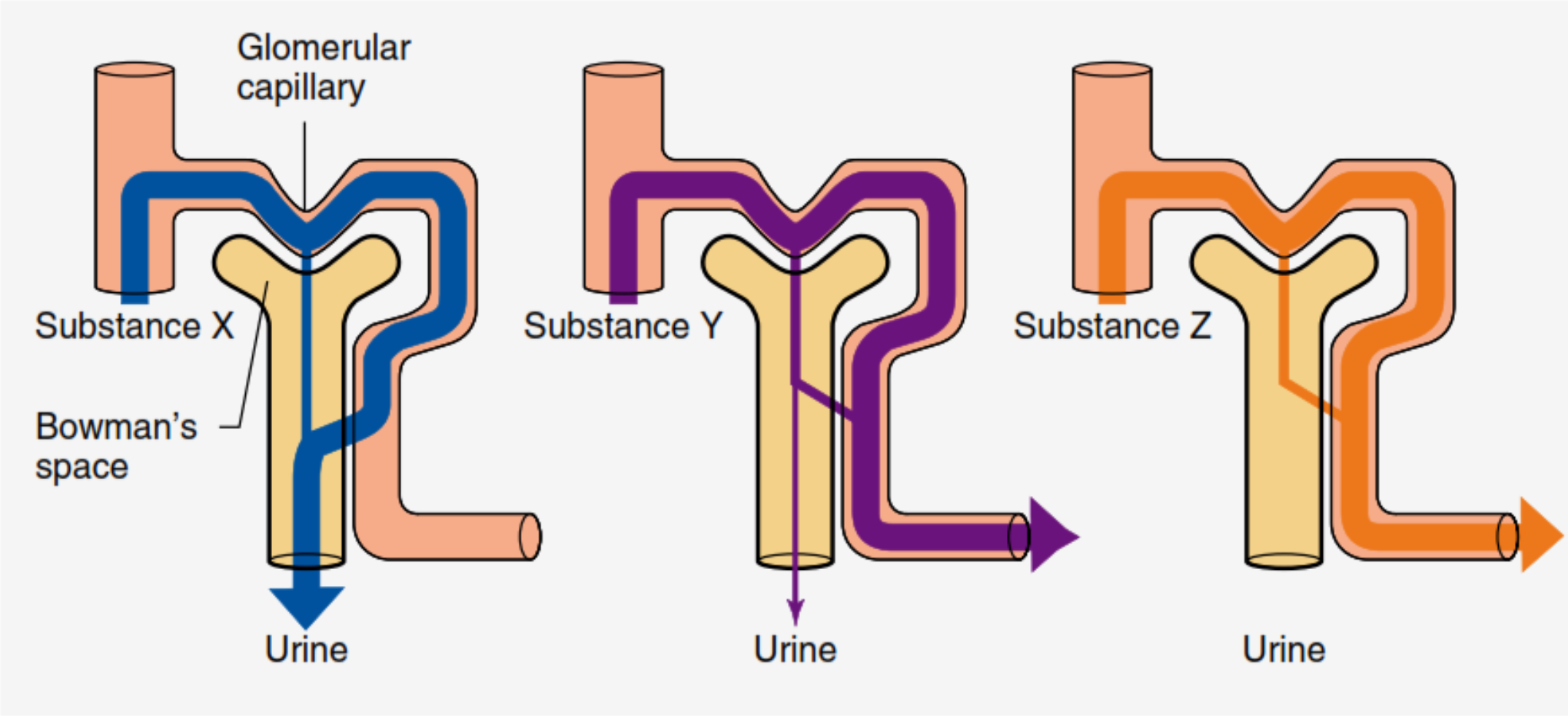
IV: MESURE DE LA FONCTION RÉNALE: MÉTHODE DES CLAIRANCES

Définition:

- Evaluer l'efficacité avec laquelle les reins assurent l'épuration du plasma.
- La clairance rénale d'une substance: **volume du plasma totalement épuré de cette substance par minute.**

$$\text{Clairance rénale (mL/min)} = \frac{\text{Concentration urinaire (qté/mL)} \times \text{Débit urinaire (mL/min)}}{\text{Concentration plasmatique (qté/mL)}}$$

- Permet l'estimation surtout du: FSR, FPR, TFG, réabsorption tubulaire, sécrétion tubulaire..

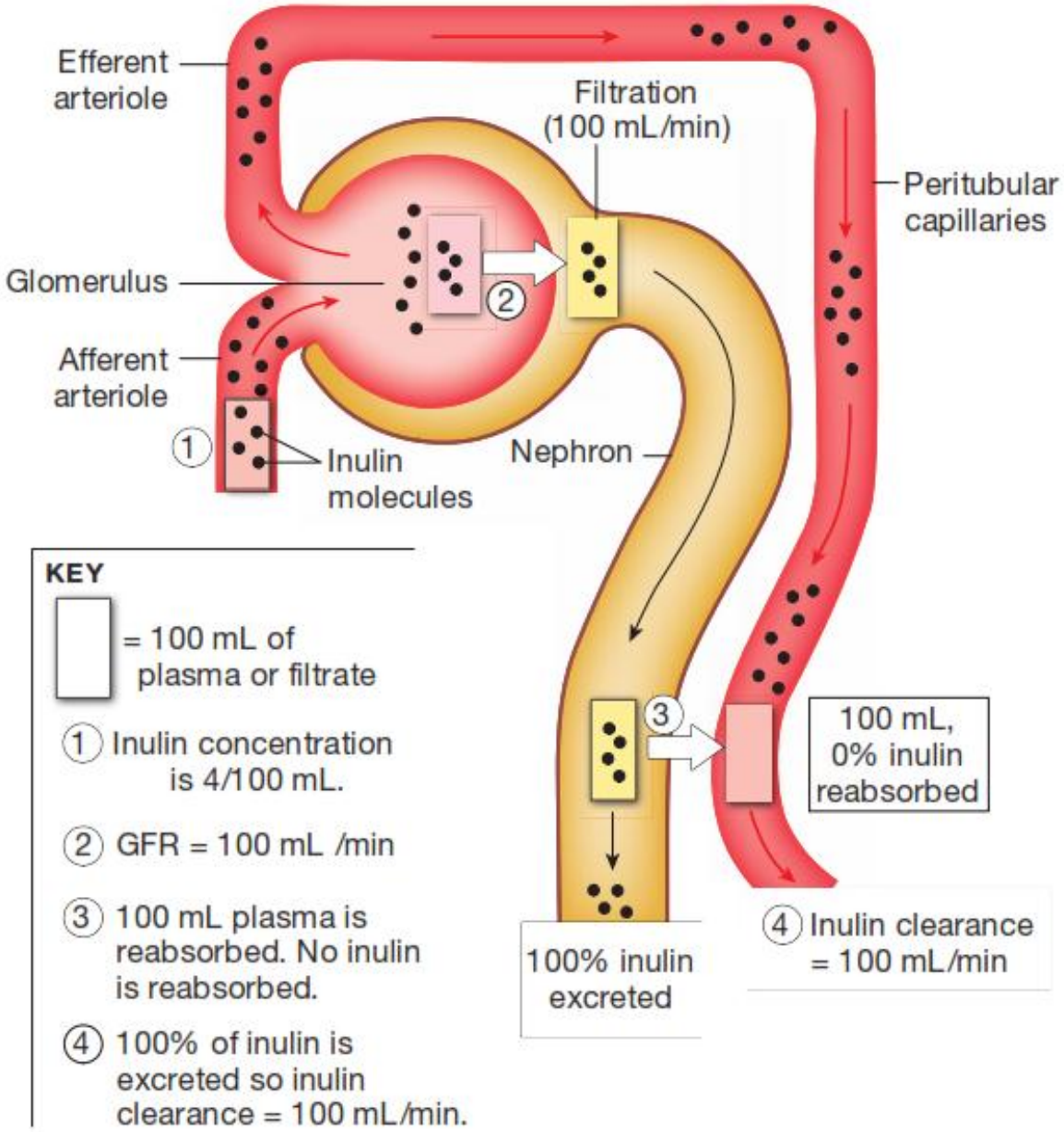


X: réabsorbée, sécrétée??
Y:
Z:

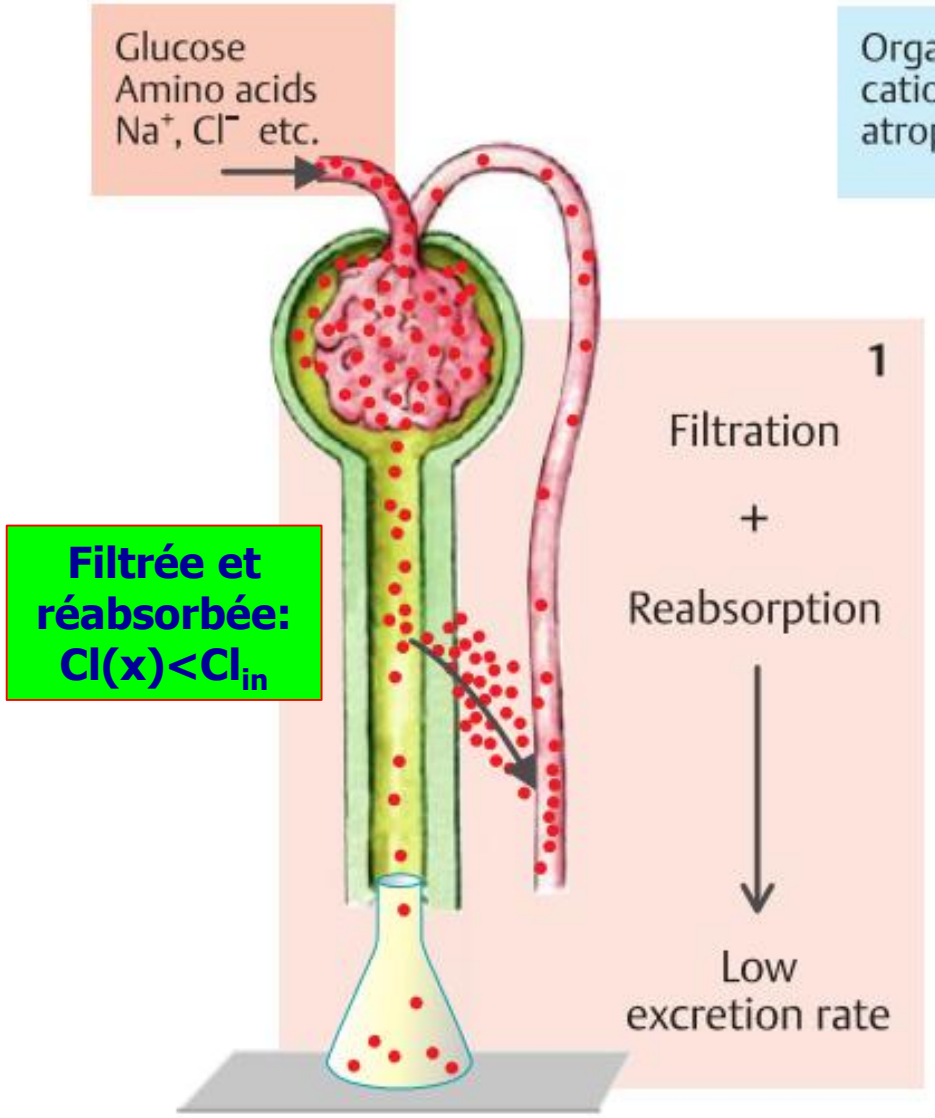
Comportement rénal de 3 substances hypothétiques (x, y et z)

1- Estimation du TFG

- **Marqueurs du TFG: Inuline, Créatinine.**
- **Critères: substance librement filtrée, non réabsorbée, non sécrétée, non métabolisée par le rein.**
- **L'INULINE, un glucide exogène est utilisé en pratique pour évaluer le DFG.**
- **$Cl_{inuline}$ = DFG.**

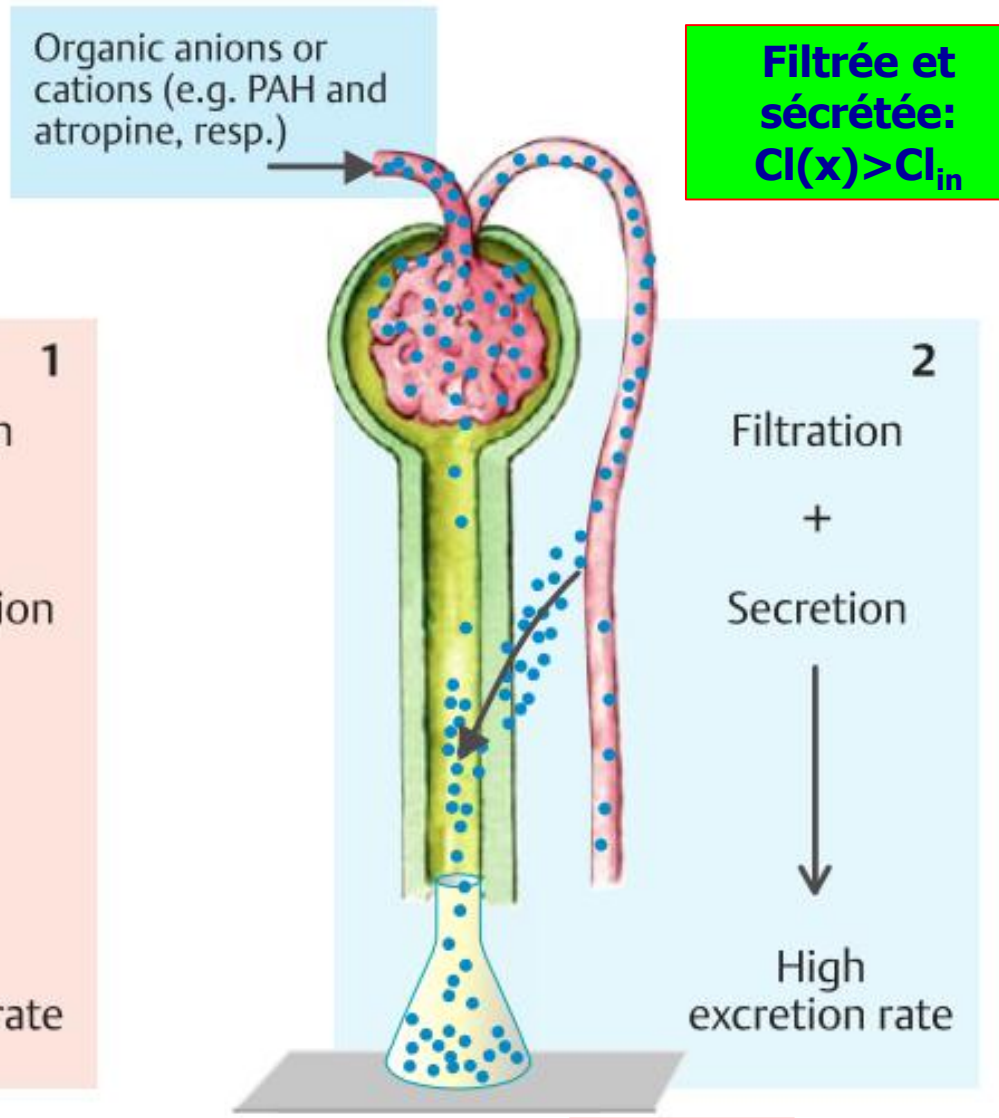


2- Clairance ratio: $Cl_{inuline}$ vs d'autres substances:



Filtrée et réabsorbée: $Cl(x)<Cl_{in}$

$$\frac{C_X}{C_{In}} = \frac{C_X}{GFR} = \text{Fraction excrétée} = FE < 1.0$$



Filtrée et sécrétée: $Cl(x)>Cl_{in}$

$$\frac{C_X}{C_{In}} = \frac{C_X}{GFR} = \text{Fraction excrétée} = FE > 1.0$$

3- Estimation du FPR et du FSR.

Substance librement filtrée, sécrétée (totalement) et n'est pas réabsorbée. Ex: PAH

Loi des masses (principe de Fick):

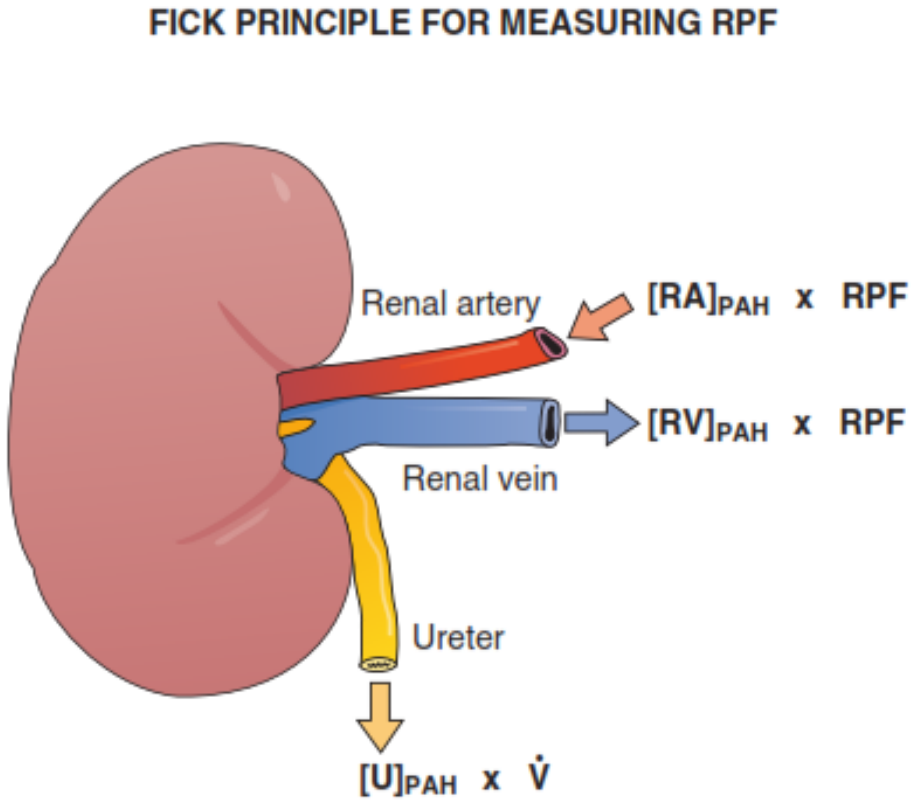
Les entrées = Les sorties.

Flux plasmatique rénal:

$$\text{FPR (effectif)}_{(ml/min)} = \frac{[PAH]_{urinaire} \times \text{Volume urinaire}}{[PAH]_{plasmatique}}$$

Flux sanguin rénal:

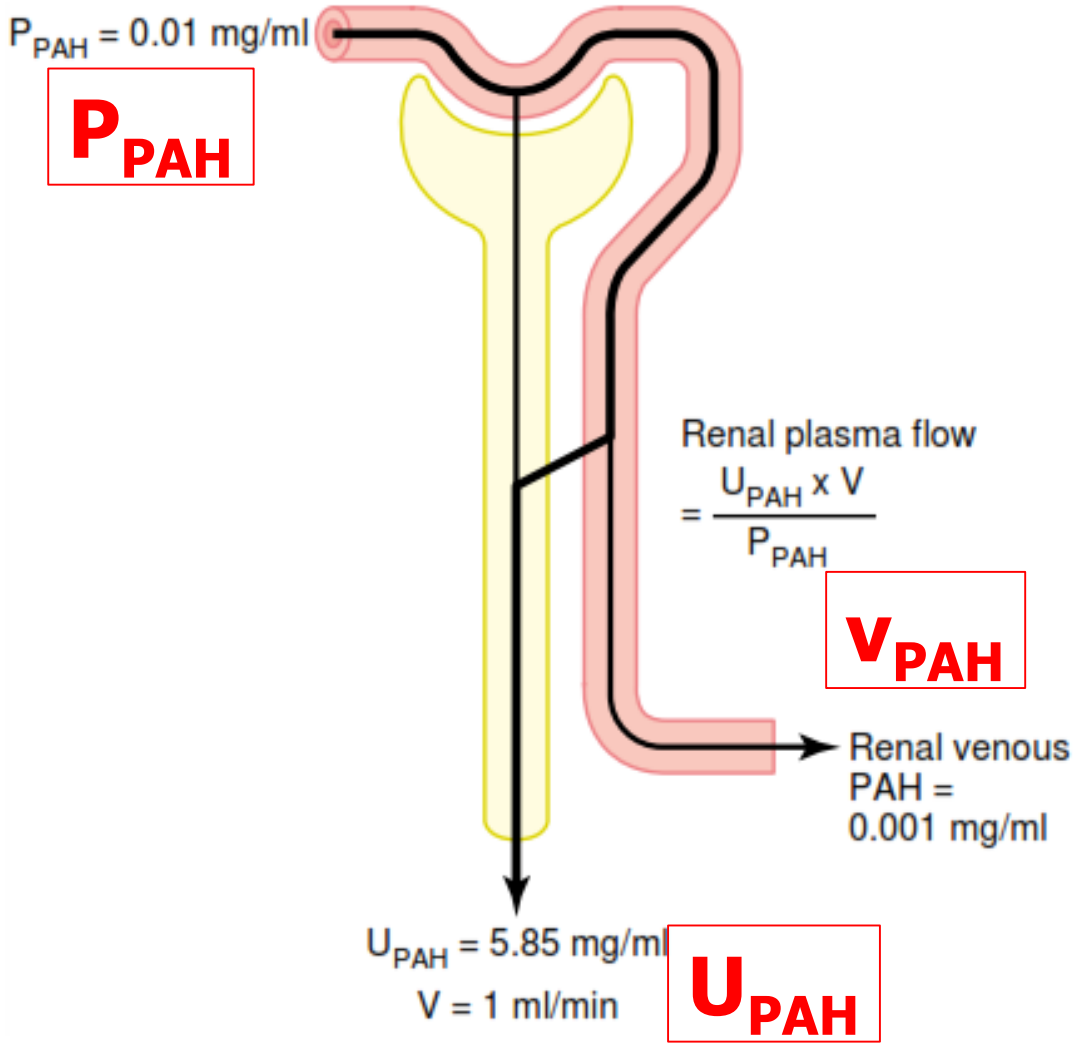
$$\text{Flux sanguin rénal} = \frac{\text{Flux plasmatique}}{(1\text{-Hématocrite})}$$



C_{PAH} : Correction/extraction ratio

❑ **Extraction ratio du PAH =** $E_{PAH} = \frac{P_{PAH} - V_{PAH}}{P_{PAH}}$

* $C_{PAH} = \frac{U_{PAH} \cdot V \cdot Urin}{P_{PAH}}$
* C_{PAH} = 585mL/min.
* E_{PAH} = 0.9
* FPR = C_{PAH}/E_{PAH} (650 mL/min).



Fraction filtrée FF: = TFG/FPR

125/650 = 0.19 (19%)

ESTIMATION DE LA FONCTION RÉNALE:
QUELQUES RAPPELS

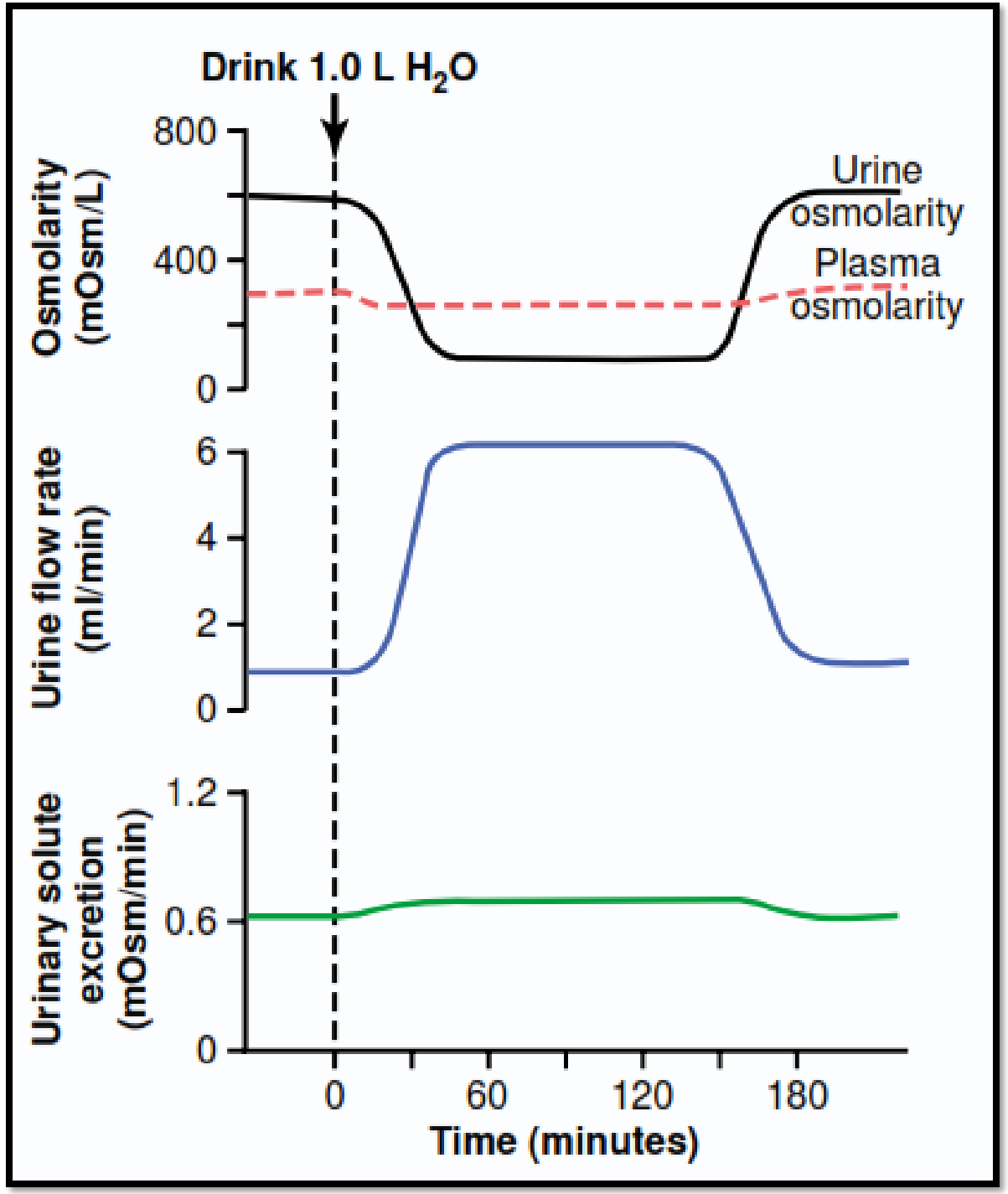
	Equation	Units
Clearance rate (C_s)	$C_s = \frac{U_s \times V}{P_s}$	ml/min
Glomerular filtration rate (GFR)	$GFR = \frac{U_{inulin} \times V}{P_{inulin}}$	
Clearance ratio	$\text{Clearance ratio} = \frac{C_s}{C_{inulin}}$	None
Effective renal plasma flow (ERPF)	$ERPF = C_{PAH} = \frac{U_{PAH} \times V}{P_{PAH}}$	ml/min
Renal plasma flow (RPF)	$RPF = \frac{C_{PAH}}{E_{PAH}} = \frac{(U_{PAH} \times V/P_{PAH})}{(P_{PAH} - V_{PAH})/P_{PAH}} = \frac{U_{PAH} \times V_{PAH}}{P_{PAH} - V_{PAH}}$	ml/min
Renal blood flow (RBF)	$RBF = \frac{RPF}{1 - \text{Hematocrit}}$	ml/min
Excretion rate	Excretion rate = $U_s \times V$	mg/min, mmol/min, or mEq/min
Reabsorption rate	Reabsorption rate = Filtered load − Excretion rate = $(GFR \times P_s) - (U_s \times V)$	mg/min, mmol/min, or mEq/min
Secretion rate	Secretion rate = Excretion rate − Filtered load	mg/min, mmol/min, or mEq/min

V- EXCRÉTION URINAIRE ET ÉQUILIBRE HYDRIQUE DE L'ORGANISME:

- Nécessité du maintien d'une composition stable du LEC en eau et en électrolytes.
- **Balance hydrique:** équilibre entre les apports hydriques (mécanisme de la soif) et les sorties (excrétion rénale).
- **Excrétion rénale** sous contrôle multiple, surtout par modification de la filtration glomérulaire et/ou de la réabsorption tubulaire

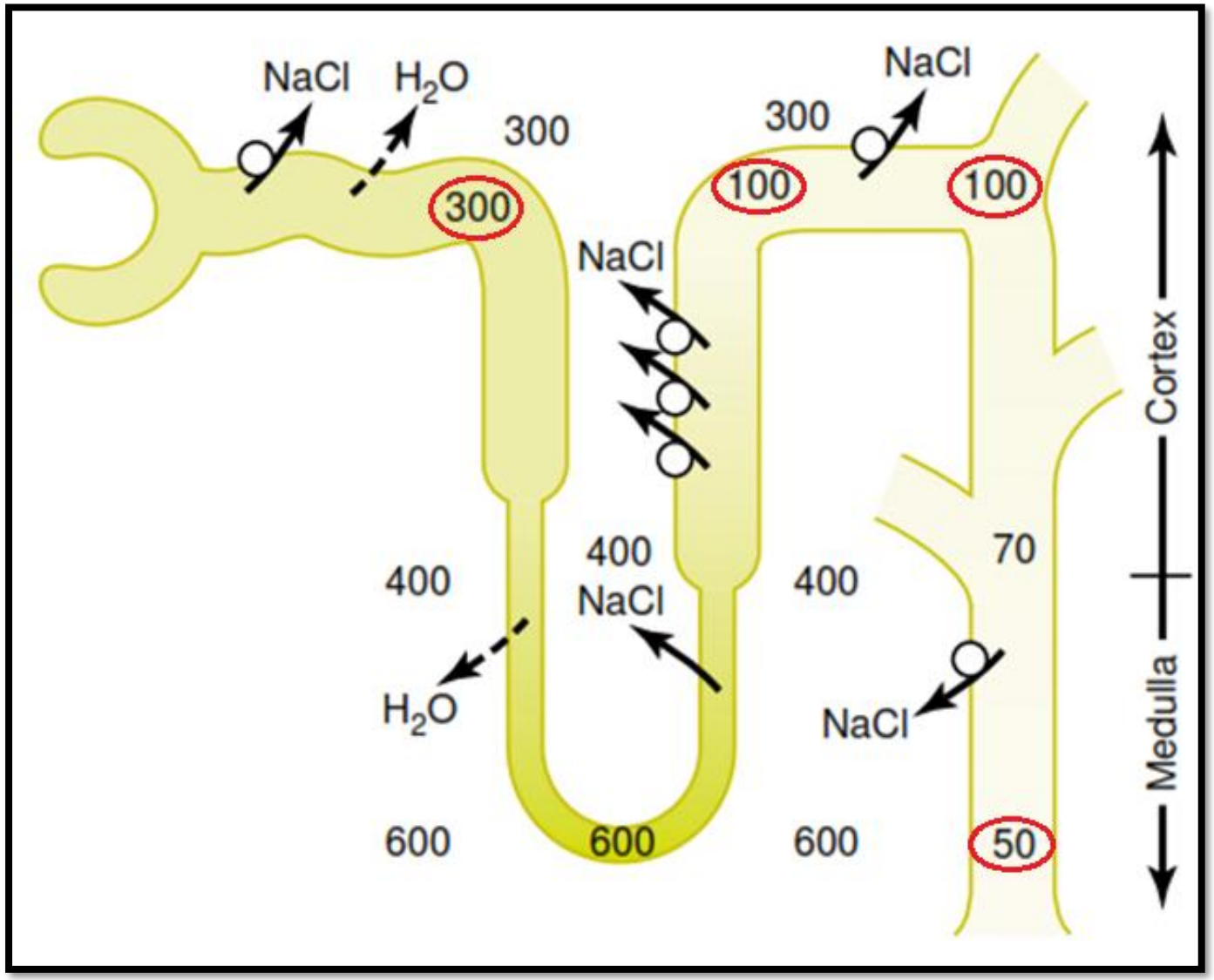
Excès de l'eau: production d'une urine diluée.

- **Volume** urinaire variable (0.5 à 20L/j) en fonction de l'état de l'organisme.
- **Osmolarité** urinaire varie de 40 à 1400 mosm/L.
- Capacité du rein à produire une urine concentrée ou diluée sans affecter le taux d'excrétion des électrolytes.
- contrôle de l'excrétion rénale de l'eau est **indépendant** de celui de l' excrétion rénale des électrolytes.


Drink 1.0 L H_2O
Osmolarity (mOsm/L)
800
400
0
Urine osmolarity
Plasma osmolarity
Urine flow rate (ml/min)
6
4
2
0
Urinary solute excretion (mOsm/min)
1.2
0.6
0
0
60
120
180
Time (minutes)

Excès de l'eau: absence d'ADH

- **TP: liquide tubulaire isosmotique.**
- **Branche ascendante de A.H: liquide tubulaire devient dilué.**
- **Dilution supplémentaire au niveau du TD et du CC.**



Déficit en eau: production d'une urine concentrée (1).

- La réabsorption de l'eau **augmente**.
- L'excrétion des électrolytes n'est pas affectée.
- Production d'urine concentrée 5 fois l'osmolarité plasmatique: **1200-1400mosm/L**.
- **Perte obligatoire de l'eau**: 600 mosmoles sont produit/jour par le corps humain, si la capacité de concentration urinaire est de 1200 mosm/L:

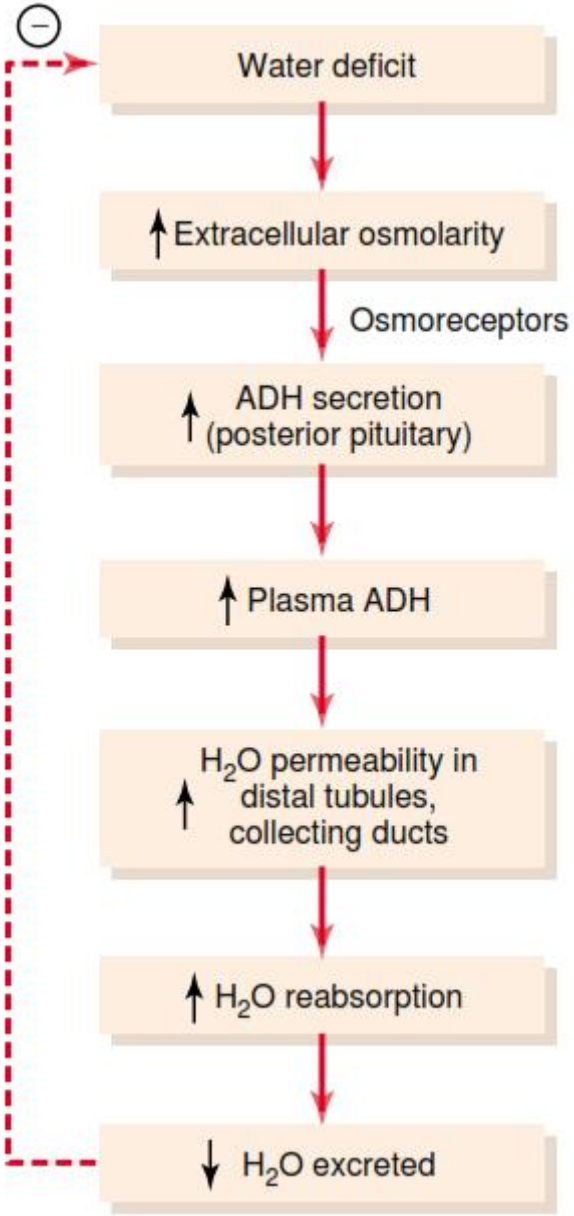
0.5 L est le volume minimal pour éliminer ces 600 mosm.

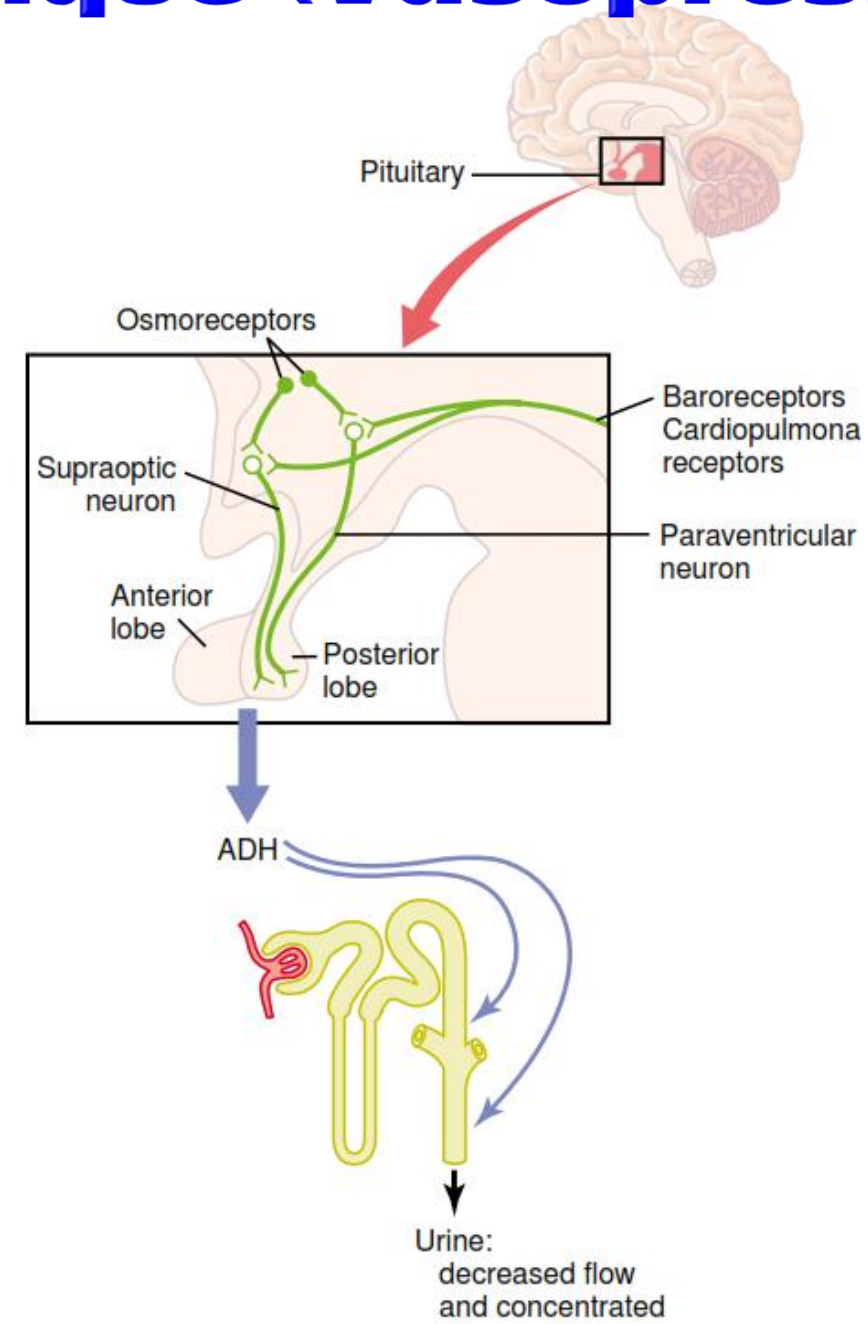
Déficit en eau: production d'une urine concentrée (2).

La production d'une urine concentrée exige:

- **Taux élevé en ADH (Vasopressine):** ce qui augmente la perméabilité du tube distal et du canal collecteur à l'eau.
- **Hyperosmolarité de la médullaire rénale:** qui fournit un gradient osmotique favorable à la réabsorption de l'eau en présence de l'ADH.

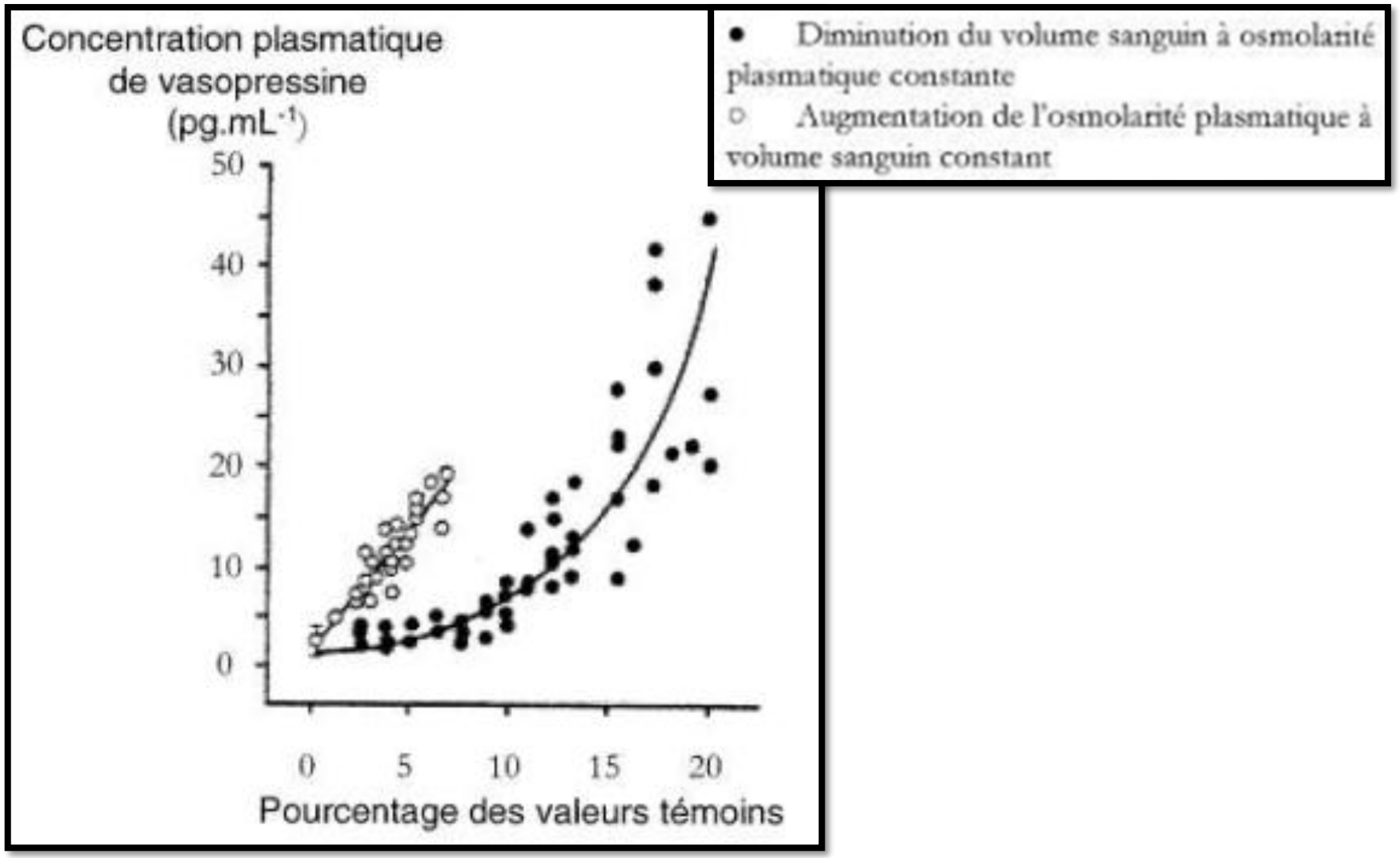
1: Hormone antidiurétique (Vasopressine):



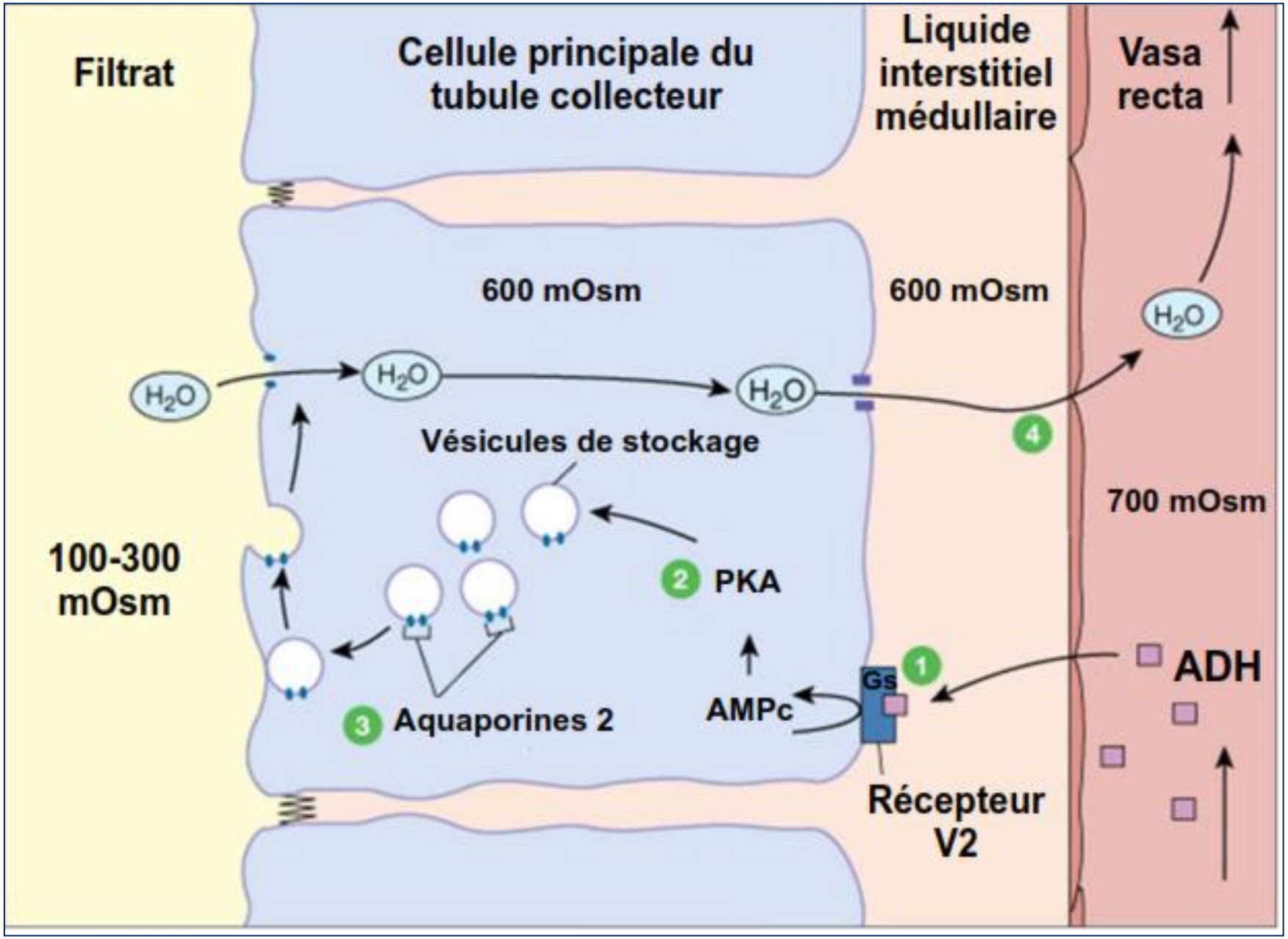


Double contrôle de la sécrétion d'ADH:

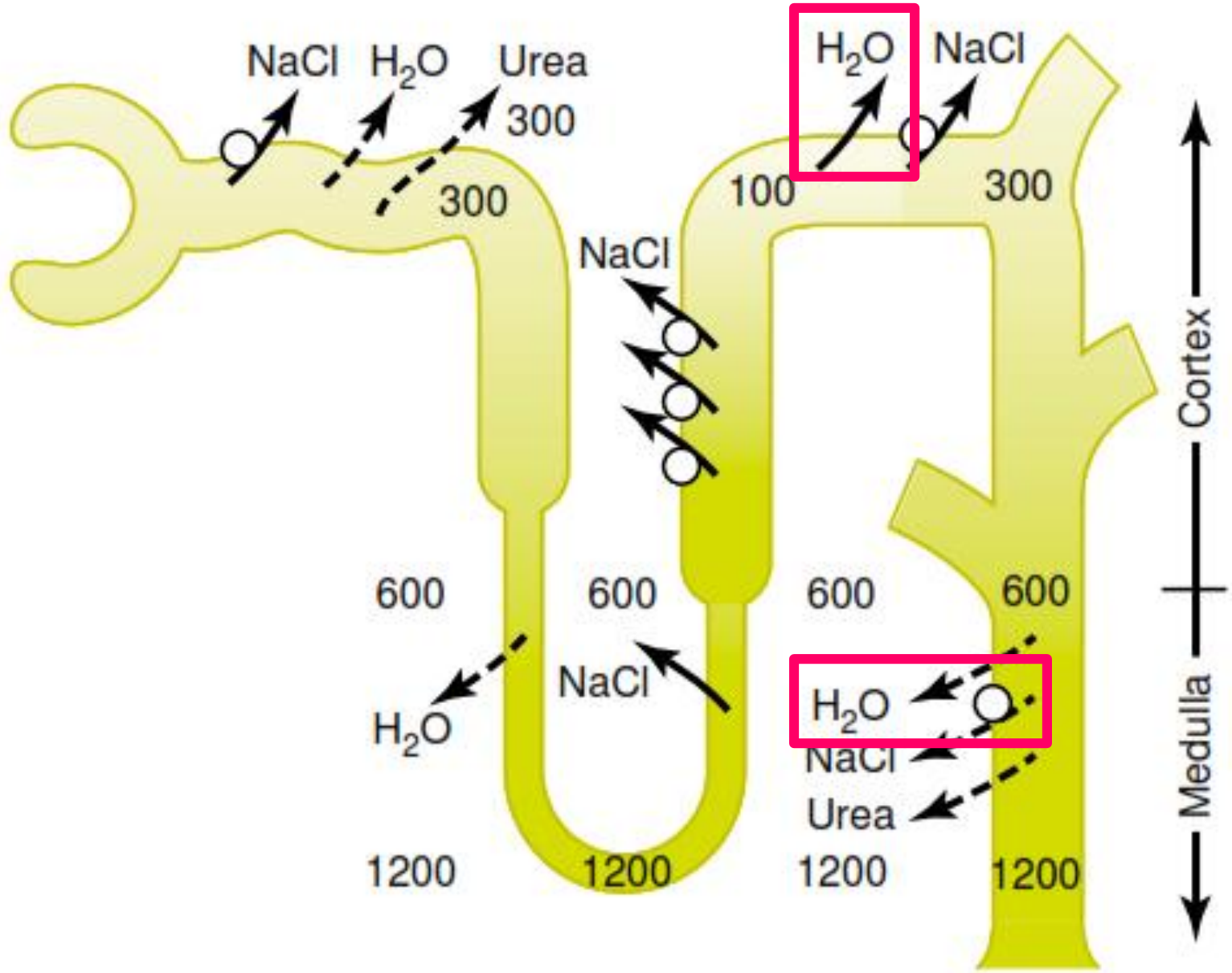
1- Osmolarité plasmatique,
2-Volume sanguin (pression artérielle)



ADH : Effet sur les cellules cibles

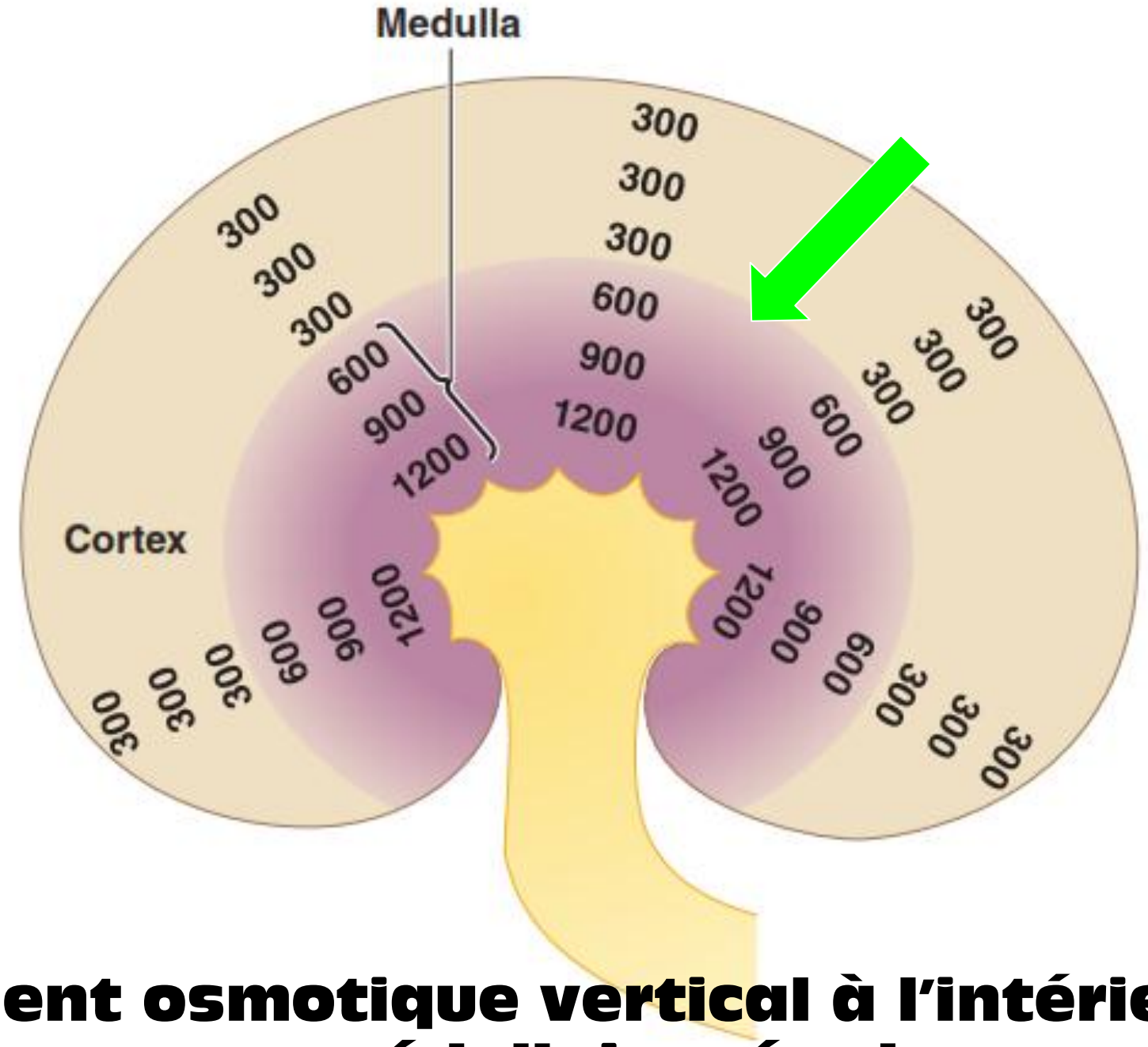


Formation d'urine concentrée en présence de concentrations élevées en ADH.



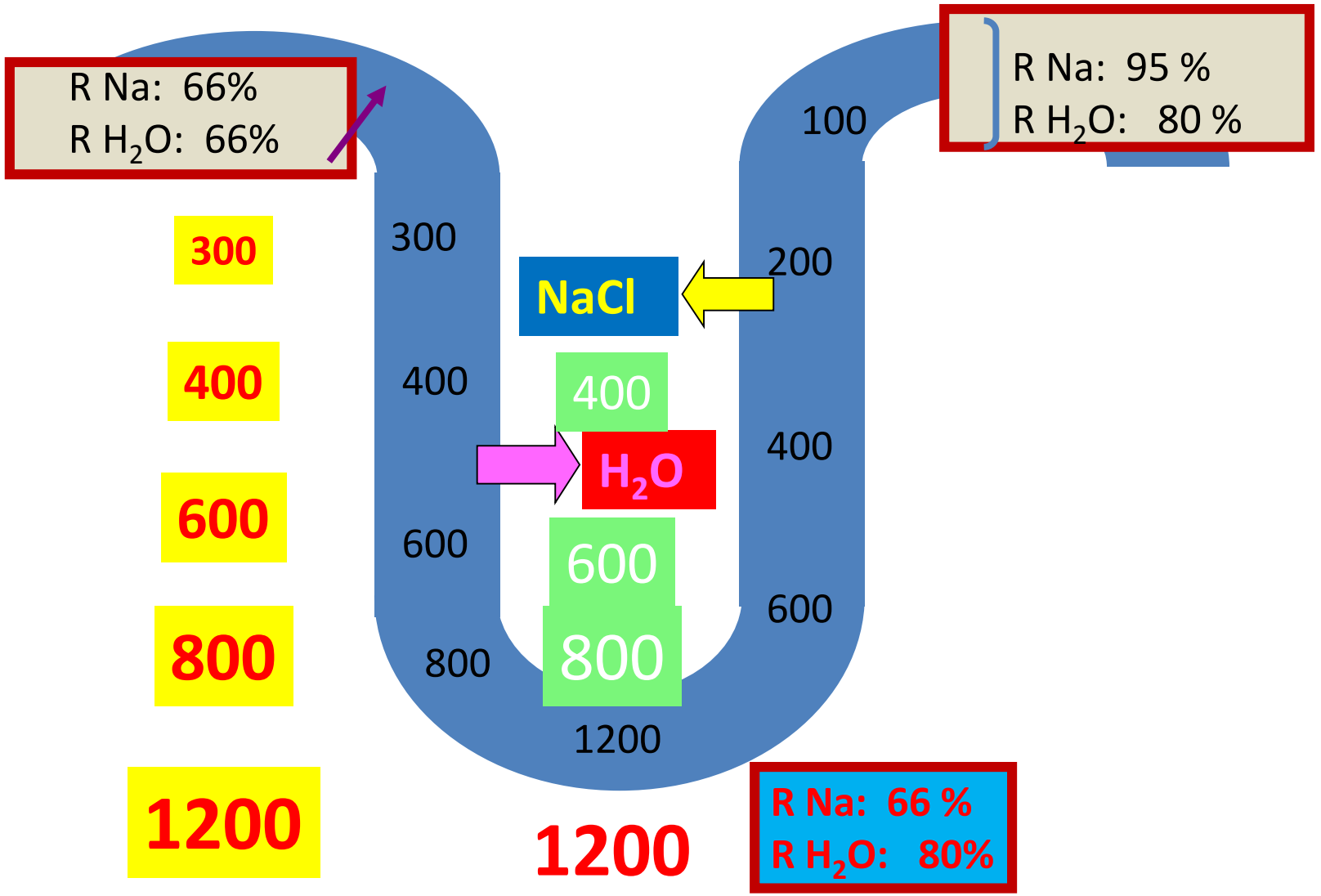
2: Gradient osmotique cortico-papillaire

- **Osmolarité** plasmatique 300 mosm/L.
- A l'exception des **reins**, le liquide interstitiel a une osmolarité similaire à celle du plasma (300 mosm/L).
- Interstitium rénal: un **gradient** osmotique entre le cortex et la médullaire allant de 300 (cortex) à 1200 (1400) mosm/L.
- La **force motrice** pour la réabsorption de l'eau est la différence de pression osmotique entre la lumière tubulaire et le liquide interstitiel.



Gradient osmotique vertical à l'intérieur de la médullaire rénale

L'osmolalité de l'interstitium médullaire augmente de 300 à 1200 mosm/kg du cortex à la papille.



Capacité des reins à concentrer/diluer l'urine:

1-Clairance osmolaire

- **Clairance osmolaire: volume plasmatique épuré des substances osmotiquement actives par minute.**

$$C_{osm} = \frac{U_{osm} \times V}{P_{osm}}$$

- **Avec: U_{osm} = Osmolarité urinaire.**
  P_{osm} = Osmolarité plasmatique.
  V = Volume urinaire.

Capacité des reins à concentrer/diluer l'urine:

2-Clairance de l'eau libre.

- **Clairance de l'eau libre: la différence entre le volume urinaire et la clairance osmolaire.**

$$C_{H_2O} = V - C_{osm} = V - \frac{(U_{osm} \times V)}{(P_{osm})}$$

- C_{H2O} **négative**: conservation de l'eau.
- C_{H2O} **positive**: élimination de l'eau libre.
- C_{H2O} **nulle: ???.**

Troubles de la concentration urinaire:

- **Défaut de sécrétion d'ADH**: taux d'ADH trop faibles ou trop élevés.
- **Altération du gradient CP**: la capacité à concentrer les urines dépend essentiellement du degré de l'hyperosmolarité médullaire (même en présence de quantité adéquate d'ADH).
- **Défaut d'action d'ADH**: incapacité des segments terminaux du néphron à réagir à l'ADH.